

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

Facultad de Ciencias Biológicas
Departamento de Biología Celular



TESIS DOCTORAL

La conservación del patrimonio genético: colecciones de ADN y tejidos

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Isabel Rey Fraile

Directores

Ana Isabel. Camacho Pérez
Alfredo Baratas Díaz

Madrid, 2014

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Departamento de Biología Celular



**LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO GENÉTICO:
COLECCIONES DE ADN Y TEJIDOS**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

ISABEL REY FRAILE

Bajo la dirección de los doctores
Ana I. Camacho
Alfredo Baratas

Madrid 2014

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
DE MADRID**
Facultad de Ciencias Biológicas
Departamento de Biología Celular

**MUSEO NACIONAL
DE CIENCIAS NATURALES-CSIC**



LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO GENÉTICO: COLECCIONES DE ADN Y TEJIDOS

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

ISABEL REY FRAILE

Directores de Tesis

Vº. Bº. Dra. Ana I. Camacho
Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC

Vº. Bº. Dr. Alfredo Baratas
Universidad Complutense de Madrid
Facultad de Ciencias Biológicas

Madrid 2014

A mis padres y a mis chicos

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	11
1. RESUMEN / SUMMARY	13
2. PREÁMBULO, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	29
2.1. Preámbulo	31
2.2. Objetivos	33
2.3. Metodología	35
3. INTRODUCCIÓN	37
3.1. Recopilación histórica sobre conservación y colecciones de Historia Natural	39
3.2. Colecciones científicas	63
3.2.1. Colecciones clásicas	70
3.2.2. Biobancos	72
3.2.3. Colecciones de tejidos y ADN para el estudio de la biodiversidad	75
3.2.3.1. Recopilación histórica	75
3.2.3.2. Biobancos de biodiversidad en el mundo y en España	78
3.2.3.3. La Colección del MNCN	78
4. LEGISLACIÓN	83
4.1. Convenio de Diversidad Biológica (CBD)	87
4.1.1. Directrices de Bonn	93
4.1.2. Protocolo de Nagoya	101
4.2. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES)	107
4.2.1. CITES y la Unión Europea	111
4.2.2. El registro de instituciones científicas	115
4.3. Patrimonio Natural y de la Biodiversidad	117
4.3.1. Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. BOE núm. 299, de 14 de diciembre de 2007	118
4.3.2. Real Decreto 1274/2011 de 16 de septiembre que aprueba el Plan Estratégico del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad 2011-2017, en aplicación de la Ley 42/2007	122
4.4. Patrimonio Histórico	126
4.5. Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal	128
4.6. Ley Orgánica 12/1995, de 12 de diciembre de 1995, de Represión del Contrabando	129
4.7. Seguridad alimentaria, salud humana, bienestar animal, riesgos laborales	130
4.7.1. Normas sanitarias y legislación sobre eliminación y transformación de animales muertos y restos de origen animal	130
4.7.2. Bienestar animal	136
4.7.3. Prevención de riesgos laborales	138
4.8. Transporte: exportación, importación	138
4.9. Otras disposiciones	140
4.10. Colofón	141
5. GESTIÓN	145
5.1. Adquisición	147
5.1.1. Formas de ingreso	148
5.1.2. Origen de los fondos	152
5.1.2.1. Recolección	152
5.1.2.2. Donaciones	156
5.1.2.3. Decomisados	157
5.1.2.4. Colecciones clásicas	157
5.1.3. Criterios de admisión	158
5.1.3.1. Criterios generales	159

5.1.3.2. Criterios particulares de la Colecciones de Tejidos y ADN	160
5.1.3.2.1. Documentados	160
5.1.3.2.2. Cantidad mínima de tejido	161
5.1.3.2.3. Calidad y cantidad de ácidos nucleicos	162
5.1.3.2.4. Autenticación	164
5.1.3.2.5. Control de contaminación	164
5.1.3.2.6. Métodos de preservación de tejidos y extracción de ácidos nucleicos	165
5.1.4. Entrada	167
5.1.4.1. Registro de entradas	168
5.1.4.2. Archivo de ingresos	170
5.1.4.3. Etiquetado de ingresos	171
5.1.4.4. Preservación inicial	171
5.1.4.5. Almacenamiento	172
5.2. Asimilación	172
5.2.1. Métodos de preservación de tejidos y ADN	173
5.2.1.1. Congelación	174
5.2.1.2. En fluido	176
5.2.1.3. En seco	178
5.2.1.4. Preservación de ADN	181
5.2.2. Catalogación	182
5.2.2.1. Número de catálogo definitivo	182
5.2.2.2. Ubicación	184
5.2.2.3. Base de datos	185
5.2.2.4. Etiquetado de muestras	187
5.3. Acceso	188
5.3.1. Consulta	188
5.3.2. Préstamos (Transferencia de Material)	188
5.3.3. Condiciones de préstamo (Acuerdo de Tránsito de Material)	189
6. CONSERVACIÓN PREVENTIVA	193
6.1. Equipamiento de almacenaje	196
6.1.1. Soportes y contenedores de almacenaje	196
6.1.1.1. Papel	196
6.1.1.2. Envases	197
6.1.1.3. Sobres	202
6.1.1.4. Cajas	203
6.1.1.5. Estantes, cajoneras, bandejas, cajones y armarios	203
6.1.1.6. Congeladores, alarmas y sistema de <i>backup</i>	206
6.1.1.7. Contenedores de transporte	207
6.1.2. Etiquetas	208
6.1.2.1. Materiales	208
6.1.2.2. Adhesivos	209
6.1.2.3. Impresiones e impresoras	210
6.1.3. Localización, acceso e instalación de depósitos y contenedores	211
6.1.4. Ubicación de especímenes	215
6.2. Rutinas y sistemas de control, seguimiento y seguridad	215
6.2.1. En depósitos y equipamientos	215
6.2.1.1. Control de temperatura y humedad	215
6.2.1.2. Control de iluminación	216
6.2.1.3. Control de frigoríficos y congeladores	217
6.2.1.4. Control de sistemas de alarma y seguridad	218
6.2.2. En especímenes	219
6.2.2.1. Control de plagas	219
6.2.2.2. Control de productos conservantes	221
6.2.2.3. Controles de viabilidad de muestras	221
6.2.3. Datos	222
6.2.4. Personal	223
6.3. Plan de Desastres	223
6.3.1. Prevención	226
6.3.1.1. Riesgos ajenos al tipo de colección	226
6.3.1.2. Riesgos propios de la colección	226

6.3.1.3. Reducir los riesgos	226
6.3.1.3.1. Rutinas de control y seguimiento	226
6.3.1.3.2. Conservar colecciones paralelas y especulares en diferentes localizaciones	227
6.3.1.3.3. Obligatoriedad de conocer los riesgos personales y formación sobre protección	229
6.3.2. Preparación	229
6.3.2.1. Colecciones prioritarias	229
6.3.2.2. Equipo de colecciones responsable de desastres	230
6.3.2.3. Redes de ayuda	230
6.3.2.3.1. Contenedores	230
6.3.2.3.2. Transportes y depósitos	230
6.3.2.3.3. Suministros	231
6.3.2.4. Entrenamiento	231
6.3.3. Respuesta	231
6.3.3.1. Identificación del incidente	231
6.3.3.2. Equipos	232
6.3.3.3. Procedimientos de respuesta según el grado	232
6.3.3.3.1. Evacuación o medidas de estabilidad	232
6.3.3.3.2. Reubicación de los evacuados	232
6.3.4. Recuperación	233
6.3.4.1. Plan de recuperación de especímenes	233
6.3.4.1.1. Preparación de la recuperación	233
6.3.4.1.2. Registro y evaluación del daño	233
6.3.4.1.3. Recuperación de materiales y equipos (no especímenes, no muestras)	233
6.3.4.1.4. Estabilización del ambiente	233
6.3.4.2. Recuperación de la ubicación de los especímenes	233
6.3.5. Revisión	234
6.3.5.1. Revisión del plan	234
6.3.5.2. Actualización del plan y de los cursos de entrenamiento	234
6.3.5.3. Publicación	234
7. CONCLUSIONES	235
8. BIBLIOGRAFÍA	239
9. APÉNDICES	263
Apéndice I. Acrónimos y siglas	265
Apéndice II. Biobancos de biodiversidad	269
Apéndice III. Ejemplos de Acuerdos de Transferencia de Material (MTA)	275
Apéndice IV. Legislación	283
Apéndice V. Clasificación de los subproductos animales y los productos derivados	289
Apéndice VI. Documentación del MNCN para transporte de muestras. Reglamentación de la IATA	291
Apéndice VII. Autorización para la entrada de material biológico en territorio español	299
Apéndice VIII. Formulario para solicitar préstamos con agresión	301
Apéndice IX. Directrices EDIT para préstamos científicos	303
Apéndice X. Tareas de seguimiento del servicio de seguridad para depósitos de congeladores	313
Apéndice XI. Protocolo de actuación en caso de emergencia en los congeladores	315
Apéndice XII. Protocolo de conservación y mantenimiento de congeladores	319
Apéndice XIII. Modelos de permisos CITES	321

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento en primer lugar a mis directores de tesis, Ana Camacho (MNCN) y Alfredo Baratas (UCM), por su confianza y el apoyo constante que me han proporcionado durante el tiempo de elaboración de este trabajo.

A Marian Ramos, que me brindó la oportunidad de participar en diferentes proyectos europeos facilitándome una visión panorámica y la posibilidad de comprender los diferentes aspectos de la realidad de la conservación del Patrimonio de la Biodiversidad en los distintos museos europeos; y por supuesto mi agradecimiento a los proyectos SYNTHESYS y EDIT, y a los profesionales con los que he compartido tareas; mi participación ha sido recompensada con una formación que no podría haber adquirido de otra manera.

A Rafa Zardoya, investigador responsable de la Colección de Tejidos y ADN del MNCN, por su confianza y compromiso con mi trabajo.

A Mercedes Lasso, Antonio Galilea y Mercedes Núñez, de la Autoridad Administrativa CITES, y a Margarita Clemente, directora del *Máster propio en gestión y conservación de especies en comercio: el marco internacional*, por la oportunidad que me han prestado para comprender el farragoso universo de la legislación que envuelve esta actividad. Además de amigos, son grandes profesionales que no sólo me han ayudado con su conocimiento y buen hacer, sino que han retado mi interés en muy diversas áreas provocando el incremento de mis conocimientos.

Al servicio de Biblioteca y Archivo del CSIC, en particular al del MNCN y a todo su personal, porque con su profesionalidad y amabilidad han hecho posible la obtención de los cientos de documentos necesarios y por supuesto a su responsable, Isabel Morón, por su trabajo y también por su ánimo entusiasta con el que siempre he contado.

Al servicio de Técnicas No Destructivas: Microscopía Electrónica y Confocal y Espectroscopía del MNCN, especialmente a sus cualificadísimos expertos Laura Tormo, Marta Furió y Alberto Jorge García, que no sólo me han facilitado el acceso a una *profunda visión* de las muestras y por ende a la mejora de nuestro conocimiento, sino que también me brindaron su apoyo.

Al Banco de Recursos Genéticos del MNCN y a su investigador responsable, Eduardo Roldán, por su ayuda técnica y por compartir sus increíbles conocimientos además de su apoyo y sus agudezas que me dibujaban una sonrisa en momentos de agobio.

A Pepe Fernández no sólo por su experta corrección y maquetación de esta memoria sino también porque con su infinito conocimiento de las que él llama *cosas baladíes*, siempre obtuve respuesta a mis preguntas. Maestro pues, que con su constante visión crítica del universo y su habilidad de refutar o contradecir, hasta la exasperación, con argumentos lo que otros dicen, ha hecho posible inculcar esa visión en esta cabezota, tarea imprescindible en la mente de todo aquel que quiera considerarse científico; y por supuesto por su inagotable y constante ayuda, apoyo y amistad.

A Beatriz Álvarez Dorda por su eficacia al compartir la responsabilidad de sacar adelante una Colección. Son muchas horas de trabajo, discusión y desarrollo de protocolos, formularios y estandarización de las diferentes tareas involucradas en conservación sin las cuales no se hubiera podido realizar este trabajo de tesis; gracias también por su paciencia y amistad.

A Ana Camacho, Alfredo Baratas, Pepe Fernández, Beatriz Álvarez Dorda y Celia Santos, pues con su lectura crítica han mejorado de forma increíble esta tesis.

A Xavier Eekhout, por haber hecho posible con su instrucción que pudiera desenvolverme dentro del marco de trabajo europeo, además de haberlo hecho posible en inglés.

A todos los profesionales que trabajan en el MNCN y que hacen posible el trabajo de los demás, pero en particular a aquellos que han hecho o hacen posible la conservación del patrimonio y que han compartido ese arduo camino con especial cariño a Begoña Sánchez Chillón, Celia Santos, Pepa Barreiro, José Enrique González, Jesús Dorda, Mercedes París, Amparo Blay, Gema Solís, Patricia Pérez, Carolina Martín, Isabel Izquierdo, Lola Bragado y Javier de Andrés.

A todos esos compañeros y amigos que han compartido la ilusión de ver terminada esta tesis y que me han demostrado su afecto y amistad a lo largo de muchos años, y por supuesto a “las brujas de la torre”, por su fuerza, alegría y cariño.

Por último, y no por ello lo menos importante, a mi familia. A mis padres, Juan e Isabel, que nunca perdieron la esperanza y que forzaron mi falta de voluntad. A Justo y Alfonso, por su paciencia, ayuda e ilusión. A mis hermanos, Pilar y Juan Carlos, por soportar mis rarezas y hacerlas suyas. A todos ellos y al resto de mi familia gracias por compartir este sueño aunque en ocasiones sólo pareciera un espejismo.



1. RESUMEN / SUMMARY

Aspecto de una de las cajas utilizadas para guardar muestras congeladas en la Colección de Tejidos y ADN del MNCN.

La presente memoria para optar al grado de doctor en Biología es un trabajo de síntesis donde se recopilan e integran por primera vez las tareas involucradas en la conservación de un biobanco de biodiversidad.

El patrimonio genético en sentido estricto forma parte del patrimonio natural, pero su conservación implica necesidades concretas para su gestión y a menudo resulta difícil concretar cuál es el ámbito en el que debería establecerse su reglamentación, si en la legislación de patrimonio histórico o en la relativa al patrimonio natural. Si bien el control de su procedencia protege la biodiversidad, no se debe olvidar que en sí mismas las muestras que constituyen el patrimonio genético forman parte del acervo científico, son testigos de una investigación en un tiempo concreto y servirán de referente para el futuro; por lo tanto, desde el punto de vista práctico, se deben tener en consideración ambas vertientes.

La UNESCO define el patrimonio cultural (nacional, histórico o natural) como el legado de bienes comunes, tangibles o intangibles, pertenecientes a una persona, grupo o sociedad que se hereda de generación en generación y que se mantiene en el presente para beneficio (estudio, educación y contemplación) de las generaciones futuras. Por otro lado, el patrimonio natural incluye la suma total de organismos vivos, tanto procariotas como eucariotas, incluidos aquellos elementos que han sido retirados de la naturaleza para su preservación *ex situ*; la acción deliberada de mantener este patrimonio desde el presente para el futuro se conoce como conservación.

El objetivo principal, por el que se ha considerado oportuno ofrecer esta recapitulación crítica, ha sido el actual interés que las colecciones de tejidos y ADN despiertan (imprescindibles para el adecuado progreso de numerosas disciplinas científicas), así como las carencias teóricas que este tipo de colecciones tienen, es decir, que aunque cuentan con un importante desarrollo práctico, de momento carecen de un entramado teórico global que sirva como modelo y consulta general y que se pueda ir desarrollando a medida que cambia la sociedad y sus necesidades de investigación.

Además, en esta memoria se han desarrollado los procedimientos y protocolos de trabajo que conlleva la conservación del patrimonio genético preservado en las colecciones de tejidos y ADN, en concordancia con las innovaciones tecnológicas actuales. Con amplia cobertura y siempre que ha sido posible con el soporte de publicaciones científicas previas. Todo ello con la confianza de que pueda servir como base para la consulta y desarrollo de esta área de la conservación.

Se basa en cuatro aspectos fundamentales: (a) la legislación en vigor que en la actualidad afecta a este tipo de patrimonio, (b) los diferentes procesos de gestión y (c) de conservación preventiva que deben ser tenidos en cuenta; precedido todo ello por (d) una recopilación histórica.

En la recopilación histórica se hace un recorrido que comienza respondiendo a ciertas preguntas tales como, ¿desde cuándo el hombre comienza a interesarse por coleccionar? o ¿desde cuándo existe la preservación natural o artificial de especímenes orgánicos?, para hacer hincapié sobre el momento en que cambian las ideas y se decide conservar no por estética o necesidad, sino por el único interés del conocimiento. Además, se explica cuándo y cómo se originaron las primeras colecciones de Historia Natural en Europa, de las que por cierto aún podemos disfrutar en muchos casos. Asimismo, se intenta dar respuesta a otros interrogantes, como qué son y cómo se definen en la actualidad las colecciones científicas, enmarcándolas como infraestructuras de investigación imprescindibles para el desarrollo científico nacional. En particular se enfatiza explicando que los biobancos constituyen la tendencia más moderna en ciencia de la conservación, y en concreto un tipo de ellos, las colecciones de tejidos y ADN para el estudio de la biodiversidad. Se realiza una recopilación histórica de este último tipo de colecciones, se añade un inventario de instalaciones de este tipo en España y en el mundo y se termina con la presentación de la Colección de Tejidos y ADN del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (MNCN) como modelo.

El conjunto de normativa y legislación que de una u otra forma compete a este tipo de patrimonio se ha abordado en el capítulo 4, mediante un recorrido por los convenios internacionales, como el Convenio de Biodiversidad Biológica (CBD) y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES). En ambos casos se presenta primero una recopilación histórica y su definición para pasar a pormenorizar su articulado, con especial interés en aquellos artículos que afectan a las colecciones de tejidos y ADN. También, sobre la base de este último interés, se hace mención especial a disposiciones concretas, como las directrices de Bonn o el protocolo de Nagoya dentro del CBD o a la normativa CITES específica aplicable en la Unión Europea.

La conservación del patrimonio genético, como parte del patrimonio natural, se establece en una abundante normativa relativa a la protección de la biodiversidad, que se recopila en uno de los anexos, haciéndose mención expresa a la *Ley 42/2007*, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad y al

Plan Estratégico del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad 2011-2017, en aplicación de la citada *Ley 42/2007*.

Si bien la legislación anterior protege la biodiversidad, no se debe olvidar que las colecciones de tejidos y ADN son y han sido parte del acervo científico, testigo de cierta investigación en un tiempo concreto, que aún siendo la base de la investigación actual sobre recursos naturales y biotecnología, servirán de referente para el futuro y, por lo tanto, también están salvaguardadas por la legislación de patrimonio histórico, que resulta obligado comentar. En relación con todo ello, se hace mención expresa al articulado de utilidad dentro del Código Penal, en relación con la protección del patrimonio. También se hace referencia a los artículos de interés en la legislación sobre represión del contrabando de especies protegidas.

Dentro del capítulo dedicado a legislación también se expone la normativa que trata sobre seguridad alimentaria y humana, bienestar animal y riesgos laborales. Comenzando por las normas sanitarias y las leyes que afectan a la eliminación y transformación de animales muertos y desperdicios de origen animal, cuyo marco legal lo constituye el reglamento de los Subproductos Animales No Destinados al Consumo Humano y los Productos Derivados de los mismos, conocido como legislación SANDACH. En ella están involucrados tanto los protocolos de trabajo con este tipo de material como los métodos de eliminación segura. Los especímenes que se custodian en las colecciones de tejidos y ADN son recolectados en el medio natural y suponen, en la mayoría de los casos, la manipulación o muerte de ejemplares que deben ser tratados con respeto y por tanto hay que desarrollar una conducta ética que garantice su bienestar y la ausencia de sufrimiento, en su caso, para lo cual se hace referencia a la reciente normativa europea (Directiva 2010/63/UE). Es imprescindible hacer mención asimismo a la normativa sobre prevención de riesgos laborales (*Ley 31/1995*, de 8 de noviembre, que entró en vigor el 11 de febrero de 1996), puesto que el trabajo de laboratorio no está exento de riesgos personales que deben ser entendidos y controlados por todos los profesionales que trabajan con este tipo de material en dichos ámbitos.

Por último, se hace mención de la normativa vigente relacionada con el embalaje y transporte estandarizado aéreo y terrestre, a nivel nacional e internacional, de especímenes custodiados por colecciones de Historia Natural.

En el capítulo dedicado a gestión se incluyen las tareas involucradas en el ingreso, procesamiento y control de uso de los especímenes; dichas tareas se sintetizan en tres grandes categorías: adquisición, asimilación y acceso. En el

apartado de adquisición se comienza con una revisión de todas las posibles formas de ingreso, independientemente de su frecuencia, y se detallan las más habituales, que en el caso de las colecciones de tejidos y ADN son recolección, donación, depósito y reordenación desde las colecciones clásicas. Esta última modalidad se refiere al proceso por el cual se adquieren muestras de otras colecciones para ser conservadas en forma de tejido o como ácidos nucleicos extraídos, tarea sobre la que se hace especial hincapié por su interés creciente.

Se enumeran una serie de criterios generales y específicos de admisión que garantizan la legalidad y seguridad a corto y largo plazo cuando los biobancos de diversidad, como el resto de colecciones clásicas, son requeridos para custodiar especímenes. Se especifican criterios como calidad y cantidad mínima de tejido y de ácidos nucleicos, documentación o métodos de extracción de ácidos nucleicos, entre otros. Además, se especifican las tareas necesarias en el proceso denominado *entrada*, momento en que físicamente las muestras llegan a la institución y se recoge toda la información asociada.

La asimilación es la segunda gran misión de la gestión de colecciones y en este apartado se explican los trabajos de preparación y conservación definitiva, tanto de tejidos como de ácidos nucleicos, además de la catalogación, etiquetado y ubicación definitiva de los especímenes en los almacenes bajo los estándares específicos de la colección.

El último de los trabajos habituales dentro la gestión de una colección es dar acceso y facilitar el uso de sus ejemplares e información asociada, pero conservando registro del cómo, quién y del por qué, son utilizados. Por ello se hace mención a la definición de consulta y a cómo se tienen que atender los préstamos para garantizar la conservación a largo plazo de las colecciones y su trazabilidad, mediante una serie de condiciones estandarizadas de préstamo o acuerdo de transferencia de material.

El capítulo dedicado a conservación preventiva presenta el conjunto de acciones utilizadas para evitar el deterioro de los ejemplares que se conservan en las colecciones, minimizando o retardando los factores, internos y externos, que lo originan y con especial énfasis en la preservación a largo plazo. Para ello se revisan y se reúnen, por primera vez, las características requeridas como son: el equipamiento de almacenaje y los sistemas de control, seguimiento y seguridad. Asimismo se facilita una guía para elaborar un plan de desastres que compile todas las actuaciones necesarias para que en el momento en que se produzca un siniestro se actúe de forma rápida y eficaz, características imprescindibles para rescatar patrimonio. Este aspecto reviste un especial interés en el caso de los bio-

bancos de biodiversidad, ya que un gran porcentaje de los mismos presenta mayor riesgo, al depender de un suministro continuo de energía eléctrica.

Las conclusiones resultantes son las siguientes:

1. Se recopilan e integran por primera vez en un único manual todas las tareas involucradas en la conservación de un biobanco de biodiversidad, que servirá de base para la consulta y evolución de esta área de la conservación en colecciones de Historia Natural en general y en la Colección de Tejidos y ADN del MNCN en particular.
2. Se realiza una revisión histórica general de los orígenes y de la evolución de la preservación y de las colecciones y en particular de las colecciones de tejidos y de sus diferentes modos de conservación.
3. Por primera vez se recopila y se resume toda la legislación y normativa que afecta a las colecciones de tejidos y ADN, desde el punto de vista del patrimonio natural y del patrimonio histórico. Se incluyen tanto convenios internacionales CITES como CBD y se analizan y comentan los requisitos necesarios para cumplir con el acceso a los recursos genéticos (ABS) y garantizar su trazabilidad; lo mismo se hace con las normas sobre seguridad biológica SANDACH. Se aportan, además, reflexiones sobre la legislación vigente y sus carencias.
4. Se establecen los criterios básicos de aceptación de material en colecciones y se definen los requisitos que se deben tener en cuenta en las entradas en este tipo de material.
5. Se recopilan todos los tipos de conservación que se utilizan en los biobancos de biodiversidad especificando sus características y se analizan sus potencialidades.
6. Se exponen las razones que justifican y avalan que las colecciones de tejidos y ADN tienen entidad en sí mismas como para ser colecciones científicas independientes de las colecciones clásicas, más allá de las consideradas colecciones complementarias.

7. Se establece un protocolo para que el préstamo de material que suponga agresión o destrucción de piezas pueda ser permitido y que su justificación, consensuada por un comité experto, deje constancia de tal necesidad en pro del progreso de la ciencia y que sirva para avalar ante la sociedad las razones por las cuales se autoriza dicha acción a pesar del deterioro que supondrá sobre un “patrimonio biológico”.
8. Se establecen por primera vez los criterios para una conservación preventiva básica en colecciones de tejidos y ADN, estructurando los diversos elementos y procesos que deben ser atendidos para lograr una actuación coherente y eficaz que salvaguarde los especímenes que las componen. Tales criterios se articulan en todo lo referente a soportes, contenedores, etiquetas, accesibilidad, ubicación y rutinas de seguimiento y seguridad.
9. Dentro de conservación preventiva, también por vez primera, se tienen en consideración los posibles desastres y plagas que pueden afectar al material (tejidos o ADN) en función de cada tipo de conservación y se especifican las variables que deben considerarse para evitar o reducir sus efectos o, en su caso, para minimizar las consecuencias.
10. Se desarrolla, en primicia, una guía para elaborar un plan de desastres y se ejemplifican los protocolos de seguridad necesarios.
11. Se ha recopilado una base de datos con más de 1.000 referencias bibliográficas consultadas, de las cuales más de 350 han sido referenciadas en esta tesis, que constituyen la guía más completa de información compilada sobre estas cuestiones hasta ahora.
12. Como resultado final de este estudio se ponen de relieve una serie de nuevos conceptos a tener en consideración y se han detectado toda una serie de posibles problemas específicos de este tipo de preservación de patrimonio que aún están sin resolver y es más, sin abordar adecuadamente y que están principalmente relacionados con lo que puede suponer la conservación a largo plazo.

Para terminar, además de la relación de referencias bibliográficas utilizadas ya citada, sirven de colofón a esta tesis una serie de apéndices donde se detallan

los acrónimos utilizados en esta área del conocimiento, se recoge la legislación que afecta a estos ámbitos, los modelos de diferentes acuerdos de transferencia de material y documentos para el transporte de muestras y reglamentación IATA, ejemplos de formularios y documentos utilizados en la Colección de Tejidos y ADN del MNCN y se proporciona una relación de biobancos de biodiversidad en el mundo.

SUMMARY

This manuscript for being eligible for title of Doctor in Biology is a synthetic work compiling and integrating for the first time the tasks involved in the preservation of a biodiversity biobanks.

The preservation of genetic heritage falls within the management of the natural heritage in the strict sense. But the development of particular needs makes it difficult to specify if its regulation should be established within the historical heritage or natural heritage legislation. While the control over its origin is related to the protection of biodiversity, we should not forget that this material is part of the scientific heritage: a witness of research activity in specific moment that will serve as a reference for the future. Thus, from a practical point of view it should also be considered historical heritage.

The UNESCO defines cultural heritage (national, historical or natural) as the legacy of goods, –tangible or intangible– belonging to a person, group, or society, inherited generation after generation, and that is preserved for the benefit of future generations (for study, education or viewing). Natural heritage includes all living beings, prokaryotic and eukaryotic, including those elements that have been retrieved from nature to be preserved ex-situ for study, educational purposes, or for the pleasure of viewing. Finally, the deliberate action of keeping this heritage from the present to the future is known as Preservation.

The main objective for doing this critical recapitulation of information follows the existing interest on this type of collections, as well as the current limitations identified, namely the lack of a theoretical framework, something that is essential in most scientific disciplines for an adequate development. Although the practical developments in this field are already quite important, a global theoretical document is still missing. A document that can be used as a general consultation source, and that can be updated as needed following the changes in society and the new needs for research it may have in the future.

It includes the working procedures and protocols involved in the preservation of the Genetic Heritage kept in tissue and DNA collections, in agreement to the current technological innovations. It includes a wide coverage and relays, when possible, in previous scientific publications. All this with the expectation of making this document a basic reference for the future development of this area of preservation.

It is based in four fundamental principles: (a) current legal regulations affecting this type of heritage, (b) the different management procedures, and (c) the

preventive preservation which should be taken into consideration; all this preceded by (d) a historical review.

In the historical review we begin by answering questions such as since when does human kind begin developing an interest to preserve? Or since when does the natural or artificial preservation of organic samples dates? All with the intention of highlighting the period when a change of mind-set occurs and preservation goes beyond aesthetics and focuses on preserving for the sake of knowledge. We also report when and why the first collections of Europe where created, many of which cannot be accessed in the present. An attempt is also made to answer questions such as what is a scientific collection in the present and how is it defined by including them in the framework of a scientific facility essential for the national scientific development. The fact that biobanks are the most modern trend in preservation, particularly in the shape of biodiversity tissue and DNA collections, is highlighted. A historical survey of these kinds of facilities is given for Spain and the rest of the world, finalising by explaining the Tissue and DNA Collection of the Museo Nacional de Ciencias Naturales as model.

The set of rules and laws which affect one way or another this type of heritage is included in Chapter 4 by reviewing the international conventions such as the Convention for Biological Diversity (CBD) and the Convention for International Trade of Endangered Species (CITES). In both cases the historical background is presented, as well as their definition and a detailed explanation of their articles, with a particular emphasis in those affecting tissue and DNA collections. In relation to this last part, particular references are made to the special provisions such as the Bonn Directives or the Nagoya Protocol, which is part of the CBD, as well as the specific CITES regulations applicable in the European Union.

The preservation of Genetic Heritage as part of the Natural Heritage is established following a wide range of regulations related to the protection of biodiversity –all of which is included in one of the annexes– with a particular reference to the Law 42/2007 of the 13th of December about Natural Heritage and Biodiversity, and the Strategic Plan for Natural Heritage and Biodiversity 2011-2017, which applies the above mentioned Law 42/2007.

Although the mentioned legislation focuses on protecting biodiversity, we should not forget that tissue and DNA collections are part of the scientific heritage due to being witnesses of a certain research activity being done in a specific moment. Thus, although collections are the basis if current research in natural resources and biotechnology, they will also be a reference for the future. This is the reason why they are also protected by Historical Heritage legislation, which

needs to be mentioned here too. In relation to this, a specific reference is made to the articles of the Penal Code related to the protection of Heritage. Also, the articles of interest to the legislation over the penalization of endangered species trade are included.

Within the chapter of legislation, also the regulations regarding food and human security, animal welfare and occupational risks are included. Starting from the sanitary regulations and the laws affecting the disposal of animal wastes that have as legal framework the regulation of Animal Sub-products Not For Human Consumption and Related By-products, known as the SANDACH legislation. This legislation includes the working protocols for this type of materials, as well as the procedures of disposing of them on a safe way. The samples curated in a tissue and DNA collection are collected in their natural habitat, and thus, in most cases imply the manipulation or death of the specimens. They need to be handled with respect including an ethical behaviour that ensures the specimen's welfare and no suffering. For this we need to refer to the recent European directive 2010/63/UE. It is mandatory as well to mention the regulation related to preventing occupational risks (Law 31/1995, 8th of November for the Prevention of Occupational Risks, which is in force since the 11th of February 1996), as the work in the lab is not excluded from them, and thus need to be understood and controlled by all professionals working in this field.

Finally, we mention the current regulation related to the standard packaging and land and air transportation of specimens curated by natural history collections, both at national and international level.

The chapter devoted to management includes the tasks involved in the acquisitions, processing and control of specimens; these tasks are synthesized in three large categories: acquisition, assimilation and access. In the part of acquisitions we start by reviewing all the possible types of income, regardless of the frequency, and give a detailed description of the most usual. In the case of a tissue and DNA collection the most common income is through field collections, donations, deposits and reordering of classical collections. This last type of income refers to the process by which a sample is collected from another collection and is preserved as a sample of tissue, or extracted nucleic acids. This last task is particularly highlighted due to being of growing interest nowadays.

A number of general and specific criteria for admission are listed in order to guarantee the short-term and long-term legality and security in the cases when biodiversity biobanks are required to keep specimens under custody, a circumstance that also happens in the the rest of classical collections. Criteria like

quality and minimum quantity of tissue or nucleic acids, documentation, or nucleic acid extraction methods, among other are specified. The particular tasks needed to give entry to specimens –the moment when these arrive physically to the institution and all associated information is compiled– are also specified.

Assimilation is the second main mission in the management of collections, and in this section the preparatory work and final preservation of both tissue and nucleic acids is addressed. Also the cataloguing, labelling and final location of the specimens under specific standards in the deposits of the collections are explained.

The last typical work in the management of a collection is providing access and facilitating the use of the specimens and the associated information, while keeping a database of how, who and why are they used. Due to this, the definition of a consultation and the procedure to attend a loan ensuring long-term conservation of the collection and its traceability is mentioned through a number of standard loaning conditions or material transfer agreements.

The chapter devoted to preventive preservation includes the actions needed to avoid the deterioration of the specimens preserved in the collections by minimizing or slowing down the internal and external factors producing it, with a particular focus in long-term preservation. For the first time ever the features needed to ensure preservation are reviewed: preservation equipment and control systems, monitoring and security. In addition, a guide for preparing a disaster plan compiling all actions needed to react fast and efficiently on the verge of a disaster is developed. This is a key implementation to rescue any heritage preserved. This topic is particularly interesting in the case of biodiversity biobanks as they are fully dependent on a continuous provision of electric energy.

The main elements of this study are:

- 1. For the first time, all the tasks involved in the preservation of biodiversity biobanks are compiled and integrated into a single manual, which we hope will serve as a general consultation document for the future evolution of natural history preservation in general, and the tissue and DNA collection of the MNCN in particular.*
- 2. A historical review is presented on the origins and evolution of the preservation of collections, particularly of tissue and DNA collections, including the different methods of preservation applied.*

3. *For the first time all the legislation and rules affecting tissue and DNA collections, from both a natural and historical heritage perspective, are compiled. The international conventions CITES and CBD are included, highlighting the requirements to be fulfilled in the case of genetic resources to allow Access and Benefit Sharing (ABS) and traceability, as well as the legislation on biological safety SANDACH. Reflections in the current legislation and its limitations are also presented.*
4. *The basic criteria for the acceptance of material in these collections is defined, together with the requirements to be fulfilled in the acquisition of new specimens and samples.*
5. *All types of preservation methods currently used in biodiversity biobanks are specified, analysing their characteristics and potential.*
6. *The arguments justifying and endorsing the existence of tissue and DNA collections as independent and defined scientific collections, separated from classical natural history collections, are presented.*
7. *A protocol for lending material that implies aggression or destruction of a specimen is established. This includes the need of setting a committee of experts that agrees on allowing these actions for the benefit of science, and that justifies towards society the reasons why this destruction of biological heritage is allowed.*
8. *For the first time the criteria for preventive preservation of tissue and DNA collections are presented. They are structured in a number of elements and processes that need to be addressed to allow a coherent and efficient guarding of the specimens. These criteria articulate around the infrastructures, containers, tagging, accessibility, location, monitoring routines and security controls.*
9. *Within preventive preservation, also for the first time the possible plagues and disasters that may affect this type of material (tissue and DNA samples) are addressed in regards to the preservation methods applied. The parameters to be monitored in order to avoid or reduce their effects, or given the case, to minimize their consequences are analysed.*

10. *Also as a novelty, a guide to develop disaster plans is prepared including examples of security protocols to be followed.*
11. *A database of literature references has been prepared with over 1000 documents that have been consulted, 350 of them referenced directly in this thesis. This is probably the most complete bibliographic guide on this topic that currently exists.*
12. *A final result from this work is highlighting new concepts to be considered around these collections, including a series of issues specifically related to the preservation of this type of heritage that as of today have not been properly addressed. Most of these issues are related to long-term preservation of the material.*

The already mentioned bibliographic references provide the closing to this thesis, together with a number of annexes which include the acronyms used in this field of knowledge, the legislation affecting it, and the models of different documents used as material transfer agreement and samples transportation and IATA rules. Finally a reference of the World's biobanks can also be found.



2. PREÁMBULO, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

C'est par des expériences fines, raisonnées et suivies, que l'on force la nature à découvrir son secret; toutes les autres méthodes n'ont jamais réussi... Les recueils d'expériences et d'observations sont donc les seuls livres qui puissent augmenter nos connaissances.

Georges-Louis Leclerc, Comte de Buffon

Imagen del Microscopio Electrónico de Barrido Ambiental (ESEM) de ADN extraído de un espermatóforo de calamar gigante (*Architeuthis dux* Steenstrup, 1857), seco sobre papel de filtro. Fotografía: Isabel Rey y Servicio de Microscopía del MNCN.

2.1. PREÁMBULO

La UNESCO define el patrimonio cultural (nacional, histórico o natural) como el legado de bienes comunes, tangibles o intangibles, pertenecientes a una persona, grupo o sociedad, que se hereda de generación en generación y que se mantiene en el presente para beneficio (estudio, educación y contemplación) de las generaciones futuras.

Por otro lado, el patrimonio natural incluye la suma total de organismos vivos, tanto procariotas como eucariotas, incluidos aquellos elementos que han sido retirados de la naturaleza para su preservación *ex situ*, su estudio, educación o contemplación; la acción deliberada de mantener este patrimonio para el futuro se conoce como conservación. Acerca de este término es interesante hacer hincapié de que en la actualidad define dos disciplinas científicas, ambas relacionadas con la biodiversidad, complementarias habitualmente pero con técnicas de trabajo y finalidad diferentes. Una es la “**conservación biológica**”, que se consolidó en la década de 1980 y que estudia, desde numerosos aspectos, la pérdida de biodiversidad para intentar evitar su extinción; y la otra, la “**conservación del patrimonio**” reunido en colecciones, con más de un siglo de tradición en el ámbito de otros museos pero con menos incidencia en aquellos que custodian colecciones de Historia Natural que se ocupan de preservar “*vida ya extinta*” recolectada, imprescindible para posibilitar el estudio científico de la biodiversidad y de disciplinas relacionadas con recursos naturales. Ambas disciplinas están interconectadas, de forma especial cuando la biología de la conservación se efectúa a nivel genético, poblacional o específico; una no podría existir sin la otra. En sentido general, una se ocupa de la conservación *in situ* y la otra de la conservación *ex situ*. Una vez expuesto este punto de vista, queremos mencionar que el presente trabajo se centra en la segunda de las disciplinas mencionadas, la conservación *ex situ* del Patrimonio custodiado por colecciones de Historia Natural y en concreto del patrimonio genético.

Las colecciones científicas consisten en objetos físicos que se preservan, catalogan y gestionan en instituciones cuya misión es garantizar su conservación a largo plazo y hacer accesible su uso. En las colecciones científicas de biodiversidad a los objetos físicos se les denomina especímenes o ejemplares y por lo general han sido adquiridos como objetos de estudio científico y no por su estética o valor de mercado. La información de estas colecciones está documentada y es pública, al objeto de facilitar su acceso a todos los miembros de la comunidad científica. Por lo tanto, estos especímenes resultan ser el aval de investigaciones

del pasado y del presente y, en conjunto, contienen información imprescindible para todas las disciplinas científicas encuadradas en el área de recursos naturales. Por esta razón, las colecciones científicas han pasado a ser consideradas componentes esenciales dentro de la infraestructura nacional de investigación, junto a los edificios, instrumentos científicos y recursos humanos y, por ello, requieren de una conservación profesional.

Tradicionalmente las colecciones de Historia Natural han sido custodiadas en museos, universidades o instituciones científicas dedicadas a la Historia Natural o a las ciencias naturales. DUCKWORTH *ET AL.* (1993) estimaron que existían 2.500 millones de especímenes y objetos de Historia Natural conservados en todo el mundo, que fueron recopilados durante casi tres siglos. Es importante destacar que ya han pasado más de 20 años desde que se publicó el trabajo mencionado y, aunque las colecciones están en continuo crecimiento, sólo representan una pequeña fracción de las especies que se estima que existen en la naturaleza, y de su conocimiento. Merece la pena resaltar que en la actualidad en las colecciones de Historia Natural quedan relativamente pocos especímenes colectados antes de 1850, y que los más antiguos, a pesar de no estar en muchas ocasiones en un buen estado de preservación para ser expuestos, son bienes irremplazables (HAWKS, 1990), entre otras razones porque contienen material genético que puede facilitar información de un tiempo en el cual resulta imposible volver a recolectar y constituyen un patrimonio genético único e irremplazable.

El patrimonio genético está constituido por el conjunto de genomas, proteomas y transcriptomas que los organismos vivos albergan, custodiados, conservados y accesibles para su estudio, tanto si su forma de conservación es clásica o si han sido expresamente colectados para usos moleculares. Desde hace dos décadas hay una creciente aparición de instituciones especializadas dedicadas a la conservación de este patrimonio a las que se ha denominado de diferentes formas, colecciones de tejidos y ADN, biobancos o biorrepositorios. Independientemente de cómo se denominen, se trata de un nuevo tipo de colección que debe tener la misma consideración que las colecciones clásicas y cuya única característica diferenciadora es el “objeto” a preservar: genomas e información genética en múltiples formas.

El estudio y aprendizaje de la conservación de colecciones científicas de Historia Natural constituyen en la Unión Europea (UE) una asignatura pendiente y una verdadera carrera de fondo llena de obstáculos, que ha de efectuarse de modo personal y casi autodidacta, en la que aún falta por diseñar un marco de

competencias claras para poder organizar un programa curricular básico destinado a profesionales con formación académica universitaria, aunque cada día se trabaja más en este sentido.

2.2. OBJETIVOS

En España, y más concretamente en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN), en la década de los 90 del siglo pasado, un conjunto de expertos realizó un gran esfuerzo participando en un proyecto de investigación denominado *Conservación del Patrimonio Natural*, cuyo investigador principal fue el Dr. Borja Sanchiz. Fruto de este empeño se publicaron una serie de trabajos agrupados en formato de colección bajo la denominación de *Manuales Técnicos de Museología*. Se trata de documentos que han servido para sentar las bases en todos los aspectos referentes a conservación, gestión y mantenimiento de colecciones de Historia Natural en España y que reunieron y actualizaron la bibliografía conocida hasta entonces sobre colecciones clásicas (CALVO, 1994; DIÉGUEZ, 1994; MARTÍN ALBALADEJO, 1994, 2000; MARTÍN MATEO, 1994; SANCHIZ, 1994; SANTOS MAZORRA, 1994, 2000; SANTOS MAZORRA & IZQUIERDO MOYA, 1997; BARREIRO & PÉREZ DEL VAL, 1998; BRAGADO *ET AL.*, 2000; DE ANDRÉS COBETA, 2001; DORDA DORDA *ET AL.*, 2001; PÉREZ DEL VAL, 2001).

Dicho esfuerzo debe continuar realizándose y actualizándose desarrollando procedimientos y protocolos de trabajo estandarizados, en concordancia con las innovaciones tecnológicas actuales, con la más amplia cobertura posible e incorporando las nuevas colecciones.

Precisamente este constituye el objetivo principal por el que se ha considerado oportuno ofrecer esta recapitulación crítica, aunque existen otros. Hoy por hoy, a pesar del enorme interés y necesidad de estos recursos se puede decir que este tipo de colección, si bien tiene un importante enfoque práctico, carece de documentos teóricos globales que sirvan como consulta general que permitan a esta disciplina ir evolucionando. Como todas, se transforma a medida que cambia la sociedad y sus necesidades de investigación, pero sometida a una gran velocidad fruto de su rápido desarrollo tecnológico.

Tanto por el volumen de información existente, como por el gran nivel que han alcanzado las técnicas en conservación del patrimonio genético de la biodiversidad parece el momento adecuado para reunir toda la información existente en este terreno, junto con nuestra propia experiencia (en gran parte inédita) y ofre-



Manuales Técnicos de Museología publicados por el Museo Nacional de Ciencias Naturales.

cer de una forma resumida, organizada y comprensible una síntesis que pueda servir como manual de referencia.

Por lo dicho, se persiguen los siguientes objetivos específicos: establecer las tareas involucradas en la conservación del material genético a nivel de gestión y conservación preventiva, además de hacer una recapitulación de la normativa aplicable al patrimonio genético. Todo ello precedido por una recopilación histórica siempre necesaria para su posicionamiento y comprensión. Se considera que

puede resultar de utilidad tanto para los especialistas en conservación como para las autoridades administrativas, responsables últimas de tales colecciones a medio y largo plazo. También se pretende que su consulta pueda resultar práctica e instructiva para científicos en general, que sin ser especialistas en este tipo de conservación se vean en la necesidad de atender colecciones semejantes a nivel personal o institucional.

2.3. METODOLOGÍA

Las citas de este trabajo se han extraído de fuentes muy diversas. En lo que se refiere al área de preservación de colecciones de Historia Natural, tanto clásicas como moleculares, actualmente se genera una ingente cantidad de información y la especialización y la rapidez de publicación, al igual que en cualquier área de la ciencia, hacen muy difícil reunirla toda y dedicar el tiempo necesario a su estudio y comprensión. A esto hay que añadir que la casi absoluta ausencia de revistas especializadas ocasiona en muchos casos que los trabajos dedicados a conservación y técnicas de preservación se publiquen en revistas muy dispares y por tanto la información esté dispersa. Actualmente el acceso a cualquier tipo de información a través de páginas Web es fácil, pero más difícil resulta concretar y acotar las búsquedas para que resulten eficaces y adecuadas. No hay que olvidar que se publica mucho, pero entre tanta información hay que buscar la calidad y discernir, con criterios adecuados, lo útil, para su recopilación y síntesis.

Se pueden distinguir cuatro grandes campos de trabajo donde se ha buscado información para llevar a cabo el estudio y la síntesis necesaria para la elaboración de esta tesis.

El primero se encuadra en el marco que podemos denominar legislación y normativa, tanto a nivel nacional como internacional. Las búsquedas en este terreno se han centrado en convenios internacionales sobre protección y conservación de la naturaleza y de la biodiversidad *in situ* y *ex situ*; en comercio sostenible que intenta evitar la extinción de especies; en seguridad sanitaria y laboral, tanto en el lugar de trabajo como durante el transporte de especímenes, y por último en todo lo relacionado con conservación del patrimonio cultural.

El segundo campo de trabajo se centra en las técnicas y métodos moleculares. La bibliografía buscada y estudiada se relaciona con la extracción, amplificación, conservación a largo plazo y usos posibles de ácidos nucleicos, proteínas y biomoléculas obtenidos de muy diversas especies, tejidos y tipos de preservación.

El tercer campo se refiere a la preparación, gestión y mantenimiento de colecciones de Historia Natural. Aunque el interés principal se ha puesto en los biobancos, considerando que era necesaria una visión más amplia, ya que determinados procesos utilizados en las colecciones clásicas, con muchos más años de experiencia, podrían ser igualmente útiles y por tanto aplicables, a colecciones moleculares y no deberían quedar al margen de esta obra.

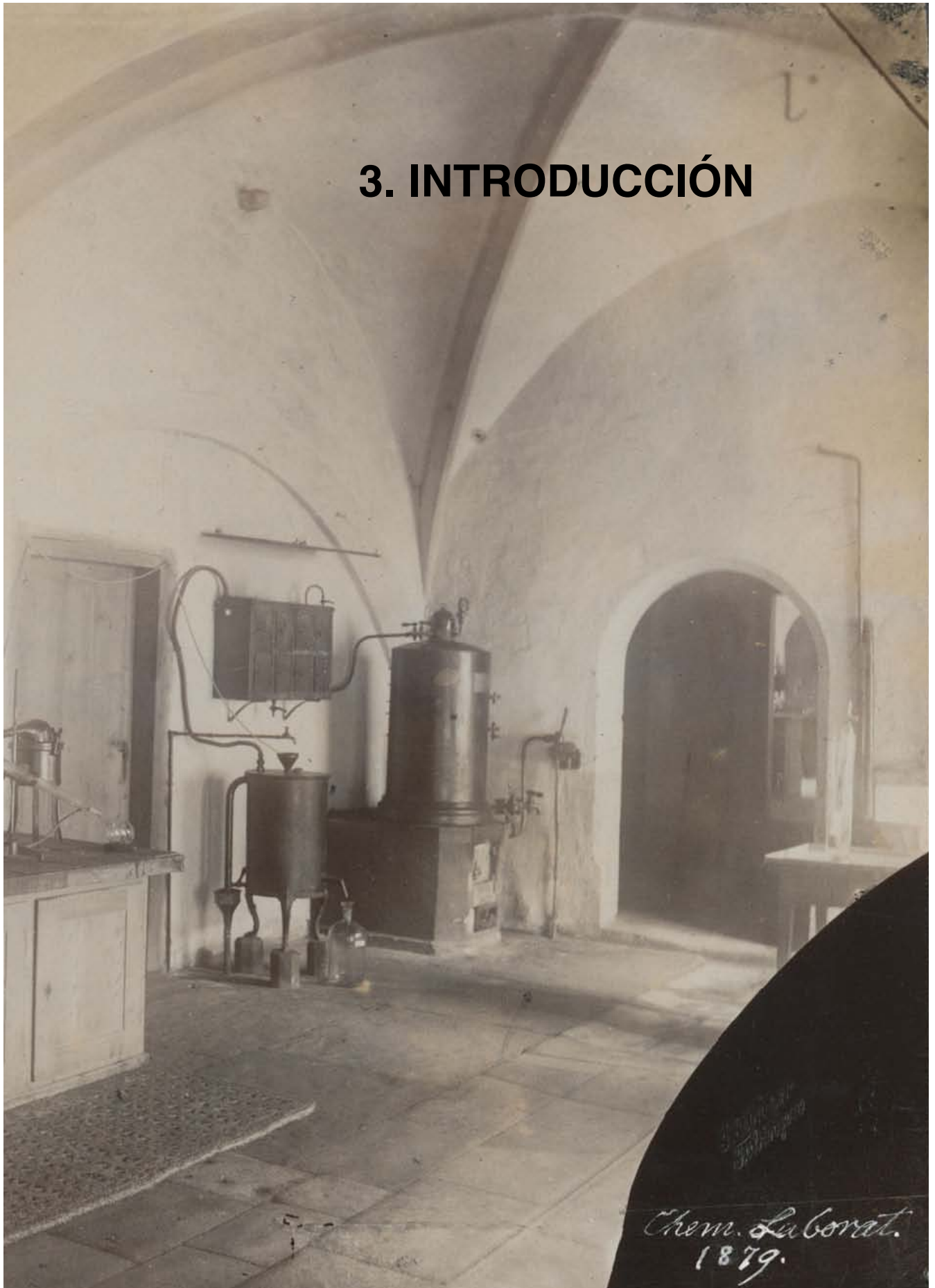
Por último no hay que olvidar el que se puede llamar campo histórico. Se ha buscado y recopilado una gran cantidad de trabajos científicos sobre diferentes aspectos históricos de todos y cada uno de los apartados anteriores.

Para terminar, conviene mencionar el uso de un conjunto de herramientas que, aunque cotidianas, han resultado imprescindibles para la elaboración y conclusión de la presente tesis. Nos referimos a Google, Google Scholar, Google Translate, Internet Archive, los diccionarios de la Real Academia Española accesibles en red, Biodiversity Heritage Library, Wikipedia, el Catálogo Bibliográfico del CSIC y sus diversos accesos a publicaciones digitales, entre otras muchas.

La experiencia adquirida en el trabajo cotidiano como responsable de la Colección de Tejidos y ADN del MNCN me ha llevado a reconocer la necesidad de realizar esta obra crítica de síntesis de conocimiento con la idea de llenar el vacío existente en este terreno, pensando en su necesidad para el día a día de nuestra colección y en su utilidad para toda la comunidad que se dedica a tareas similares. Desde esta posición, que ocupó desde el año 2000 (aunque este trabajo de tesis doctoral, comenzara el curso académico 2010-2011) me he visto inmersa en numerosas situaciones que he debido resolver dedicando mucho tiempo a la búsqueda de información cuyo estudio finalmente ha llevado a menudo a publicar los resultados concretos en revistas científicas (BRAGADO *ET AL.*, 2000; REY *ET AL.*, 2001, 2004; CAMACHO *ET AL.*, 2002, 2011, 2012, 2013; MARTÍNEZ-SOLANO *ET AL.*, 2005; REY & DORDA, 2006; GEMEINHOLZER *ET AL.*, 2010).

Fruto de toda esta experiencia y del estudio necesario para crear, conservar, gestionar, difundir y facilitar el uso de la Colección de Tejidos y ADN del Museo es este trabajo de síntesis que en forma de Tesis doctoral ve ahora la luz.

3. INTRODUCCIÓN



[]...bien différente de l'art humain, dont les productions ne sont que des ouvrages morts, la nature est elle-même un ouvrage perpétuellement vivant, un ouvrier sans cesse actif, qui sait tout employer, travaillant d'après soi-même, toujours sur le même fonds, bien loin de l'épuiser le rend inépuisable: le temps, l'espace et la matière sont ses moyens, l'univers son objet, le mouvement et la vie son but.

Georges-Louis Leclerc, Comte de Buffon

El laboratorio químico donde Friedrich Miescher descubrió el ADN en 1879, estaba situado en la antigua cocina del castillo de Tübingen. Fotografía: Paul Sinner. Imagen conservada por la Universitätsbibliothek Tübingen y reproducida con su autorización.

3.1. RECOPIACIÓN HISTÓRICA SOBRE CONSERVACIÓN Y COLECCIONES DE HISTORIA NATURAL

Los seres humanos llevamos miles de años atesorando restos o especímenes de otras especies que nos han atraído por diversas razones: utilidad, belleza, curiosidad o espiritualidad. La atracción que sentimos por aquello que emociona nuestros sentidos junto a la necesidad de conocimiento, de comprensión de lo que nos rodea, nos dibuja como especie. La necesidad de utensilios para realizar las tareas cotidianas de supervivencia o de expresión artística ha ocasionado el acúmulo de útiles, manufacturados o no, de diferentes productos orgánicos naturales, que han sido encontrados en el medio donde han vivido nuestros antepasados a lo largo de generaciones. Mediante ensayo y error el hombre ha utilizado su conocimiento empírico y ha encontrado siempre las mejores especies disponibles para una función determinada en un lugar concreto (HODDER, 2012).

Se tiene constancia de que el hombre se adorna con restos animales desde hace aproximadamente unos 100.000 años, evidencia de ello son las conchas perforadas del género *Nassarius* Duméril, 1806, del yacimiento israelí de Skhul Cave; o los también Moluscos Gasterópodos perforados, encontrados en Blombos Cave en Sudáfrica, con una antigüedad de 75.000 años (ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ, 2006).

Restos o fibras animales y vegetales no sólo nos han vestido y curado sino también han servido para expresar arte y transmitir conocimiento escrito. Por ejemplo, se ha descubierto que el hombre hacía música y fabricaba instrumentos musicales con restos de animales desde hace más de 35.000 años: las primeras flautas conocidas son de hueso y marfil (ambos materiales orgánicos con un importante componente mineral que ha facilitado su conservación hasta nuestros días) encontradas en el suroeste de Alemania (CONARD *ET AL.*, 2009), en el sur de Francia (BUISSON, 1990) y Austria (EINWÖGERER *ET AL.*, 1998). Como soporte de escritura se han utilizado fragmentos de hueso o caparazones de tortuga (los denominados y aún poco estudiados huesos oraculares chinos), caña de bambú, tablillas de madera, papiro o papel manufacturado con restos de capullos de gusanos de seda o fibras de bambú junto con paja de arroz (LLAGOSTERA, 2004). Los restos más antiguos conservados de este tipo de papel se han datado en 250 años a. C., aunque según leyendas chinas la manufactura de la fibra de los capullos del gusano de seda para elaborar tejidos data del 2.460 a. C. (LLAGOSTERA, 2004).



Reconstrucción de un collar prehistórico cuyas cuentas son tanto restos animales como piezas manufacturadas, recuperado de los niveles del calcolítico del yacimiento de Balmori (Asturias) 1.300-1.500 a. C. Conservado por el Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC, MNCNPH10452.

La espiritualidad es otra característica intrínseca del hombre y su máxima forma de expresión son los enterramientos. Existen por todo el mundo y en ellos han aparecido conservados objetos de ajuar funerario, que en su momento formaron parte de ritos con un significado religioso, colocados ahí por el poder espiritual que se les confería, o porque sencillamente pertenecían al difunto. Un importante porcentaje de esos objetos son especímenes completos o restos de animales o plantas. En el Templo Mayor de la cultura Mexica (1.400-1.500 años d. C.) se han encontrado conservadas “ofrendas” con una increíble diversidad de especies importadas de regiones muy distantes de este lugar y con representación de ecosistemas como selvas tropicales, desiertos o lagunas costeras, procesados con modificaciones que pueden ser interpretadas como intervenciones de taxidermia. Por poner un ejemplo concreto, en la ofrenda 125 se encontraron 1.945 restos zoológicos que tras ser analizados correspondían a 1.264 especímenes diferentes de 56 especies incluidos en 10 clases de 5 *phyla*: Cnidarios, Equinodermos, Moluscos, Artrópodos y Cordados (LÓPEZ LUJÁN, 2012).

Parece conveniente comenzar haciéndonos la siguiente pregunta: ¿desde cuándo se conoce la preservación?



Conjunto de piezas de cestería y alpargatas realizadas en esparto, encontradas en el yacimiento de Murciélagos (Albuñol, Granada), de 7.000 años de antigüedad, conservadas en el Museo Arqueológico Nacional. Fotografía: Eduardo Galán.

La preservación natural de forma casual de todo tipo de restos de seres vivos existe incluso antes de la aparición del hombre. La modalidad más conocida es la fosilización que tiene lugar cuando los restos orgánicos se mineralizan; otras formas son, por ejemplo, la preservación en ámbar o en el *permafrost*. También existe preservación de restos momificados o esqueletizados por deshidratación o liofilización, encontrada de forma natural en grandes altitudes de Chile y Perú; o por anoxia en medios ácidos de algunas turberas (VALENTÍN & GARCÍA, 2012). En Europa una de las momias humanas naturales no esqueletizada más antigua conocida es la de Ötzi, nombre con el que se conocen los restos de un habitante de los Alpes de la edad del Cobre (5.300 años de antigüedad), que fue descubierto en 1991 por el montañista Helmut Simon; la excelente conservación del cadá-



Reconstrucción de una ofrenda del Templo Mayor Tenochtitlán (México), en la exposición *Materia de los sueños: Cristóbal Colón y la imagen de las maravillas en la Edad Moderna*, que tuvo lugar en Valladolid del 15 noviembre 2006 al 15 febrero 2007. Fotografía: Isabel Rey.

ver y de sus pertrechos se debió al extremo frío de la región donde falleció el individuo. Las momias naturales más antiguas procedentes de Egipto, datadas de tiempos predinásticos, 3.400 a. C., se originaron al efectuar enterramientos en fosas poco profundas excavadas en la arena donde se iban desecando y preservando por el calor radiante del día y la irradiación nocturna (LLAGOSTERA, 1977).

La preservación “no natural”, y por lo tanto manufacturada, es mucho más antigua que la historia de las colecciones y que los museos (SIMMONS & MUÑOZ-SABA, 2003). Existe momificación artificial de restos humanos en todo el mundo, desde América (Perú, Chile, Argentina) hasta Papúa Nueva Guinea y Australia, pasando por las más conocidas encontradas en Egipto. Las momias artificiales más antiguas de las que se tiene conocimiento pertenecen a la cultura Chinchorro que se asentó y prosperó a lo largo de la costa del sur de Perú y norte de Chile entre las ciudades de Ilo (Perú) y Antofagasta (Chile); en estos lugares se han encontrado momias artificiales datadas en 5.050 años a. C. Pero sin duda las más populares y con técnicas de preservación mejor documentadas se han hallado en la cultura faraónica del antiguo Egipto. Sin embargo, y recordando el hilo conduc-



Momia de cocodrilo conservada en el Museo Arqueológico Nacional (MAN15123). Fotografía: Eduardo Galán.

tor del presente trabajo, centrado en la conservación de patrimonio genético de la biodiversidad, es interesante resaltar que la preservación artificial de animales es igual de común en esta cultura que las momias de faraones, personajes reales, grandes mandatarios o incluso sirvientes (GAILLARD & DARESSY, 1905; LLAGOSTERA & LIZARA, 1982). La existencia, en Egipto, de tumbas con momias exclusivamente animales se conoce desde el siglo XVIII y sin embargo es un hecho muy poco conocido en círculos no profesionales. En la actualidad se han descubierto momias correspondientes a especies tan diversas como ibis, gansos, rapaces, cocodrilos, lagartos, musarañas, monos, gatos, perros, gacelas, mangostas, culebras, peces, escarabajos, ovejas y carneros, asnos, leones, hienas, vacas, bueyes y elefantes (IKRAM, 2005; <http://animalmummies.net/index.php>). La identificación taxonómica concreta sólo ha podido obtenerse en especies como el ganso del Nilo [*Alopochen aegyptiacus* (Linnaeus, 1766)], la culebrera europea [*Circaetus gallicus* (Gmelin, 1788)], el pigargo europeo (*Haliaeetus albicilla* Linnaeus, 1758) o el aguililla calzada [*Hieraaetus pennatus* (Gmelin, 1788)] (IKRAM & ISKANDER, 2002).

Las momias animales existen porque servían para cuatro propósitos a los egipcios antiguos: mascotas embalsamadas para ser enterradas con sus dueños; comida y víveres para la otra vida; algunas simbolizaban dioses y, por lo tanto, eran animales sagrados y, por último, eran votivas, objetos que los peregrinos entregaban en los templos donde iban a venerar y a suplicar a sus dioses. Estas últimas representan el mayor número de ejemplares encontrados. Para poder hacernos una idea de la cantidad de momias animales que había, basta señalar que en la tumba de Saqqara, que descubrió en 1964 Walter Emery mientras buscaba la tumba del arquitecto Imhotep y de la cual aún se siguen descubriendo cámaras, las Aves

encontradas se estiman en millones (http://ib205.tripod.com/ibis_cemetery.html). Estas momias animales eran tan abundantes que durante el siglo XIX incluso se usaron como fertilizantes, lastre de barcos, combustible o fueron pulverizadas para ser empleadas como remedios medicinales (MORGAN & MCGOVERN-HOFFMAN, 2008).

¿Desde cuándo el hombre tiene ese afán por reunir colecciones?

El hombre ha recogido y exhibido, durante cientos de años, objetos naturales que ha incorporado a sus indumentarias, muebles y utensilios cotidianos. A lo largo de las distintas civilizaciones se puede observar que poseer determinados objetos (piel, plumas, madera, marfil, ámbar, seda, perlas o la púrpura extraída de Moluscos Gasterópodos) adquiere gran importancia. El deseo de su posesión les confiere un valor intrínseco que puede ser considerado moneda de cambio cuyo valor, en términos comerciales, dependía de la oferta y la demanda. Este valor está unido al poder económico, religioso y, por supuesto, confiere un estatus diferencial a sus dueños. Los ricos, nobles o poderosos de cualquier sociedad han atesorado objetos o coleccionado especímenes para exhibir su poder e impresionar a sus coetáneos, mucho antes de la aparición de las famosas cámaras de la maravillas o de los gabinetes de curiosidades (TAYLOR, 1948; RHEIMS, 1981; BLOM, 2013).

Ejemplo de ello son las preciosas conchas imperiales del género *Spondylus* Linnaeus, 1758, con las que elaboraban cuentas para los enormes pectorales de los grandes señores de la cultura Moche, y que también incorporaban en el mobiliario como en la puerta del templo sagrado de Pachacámac, cultura Lima (Museo de la Nación, Perú). El tocado de plumas de quetzal engarzadas en oro y piedras preciosas que perteneció a Moctezuma (1466-1520) y que hoy se encuentra en el Museo de Etnología de Viena, Austria; o los pendientes o pectorales fabricados con élitros de escarabajos, realizados por grupos étnicos que habitaban la cabecera del río Amazonas y que fueron obtenidos por Manuel Almagro y Vega durante la expedición al Pacífico (1862-1866), constituyen buenos ejemplos ilustrativos de estas prácticas¹.

La existencia de una colección, entendida como el acúmulo organizado de objetos de una determinada temática, está documentada desde hace más de 2.500 años. El arqueólogo Sir Leonard Woolley descubrió el sitio arqueológico de Ur en Iraq, donde encontró un templo datado hacia el año 530 a. C., en el que se almacenaban un conjunto de piezas diversas cuya antigüedad (1.950 a. C.) resul-

¹ Estas piezas actualmente están conservadas en el Museo Nacional de Antropología junto con una inmensa variedad de arte plumario del que también hay una buena representación en el Museo de América (VARELA TORRECILLA, 1993; MARTÍNEZ DE ALEGRIA BILBAO, 2002).



La puerta de Pachacámac incluye valvas completas o fragmentadas de las conchas del género *Spondylus*. Pertene a la cultura Lima y está conservada en el Museo de la Nación en Lima (Perú). Fotografía: Isabel Rey.



Peto de gala o "Tayukunchi", adquirido en Ecuador durante la *Expedición al Pacífico* (1865). Pectoral fabricado con ulnas de pájaro aceitoso o guácharo (*Steatornis caripensis* Humboldt, 1817). Conservado en el Museo Nacional de Antropología. Fotografía: Isabel Rey.

tó ser anterior a la del propio yacimiento. Curiosamente, estos objetos estaban acompañados por algo parecido a lo que podría considerarse una etiqueta, un sello cilíndrico de arcilla con inscripciones en tres idiomas antiguos que explicaban la pieza (WOOLLEY & MOOREY, 1982; LOURENÇO, 2003) y que en la actualidad se conservan en el British Museum.

Uno de los primeros centros de Historia Natural documentado que se conoce, situado en el México prehispánico, fue el Palacio de Moctezuma Xocoyotzin de la Gran Tenochtitlán, donde se establecieron los herbarios y las colecciones zoológicas primigenias del continente americano (MALDONADO, 1941; MARTÍN DEL CAMPO, 1943, 1986; FERNÁNDEZ, 1988; RAMÍREZ-PULIDO & GONZÁLEZ-RUIZ, 2006; RETANA GUIASCÓN, 2006). La denominada Casa de Animales se dividía en cuatro departamentos donde se mantenían vivas diferentes especies, entre ellas los quetzales guatemaltecos [*Pharomachrus mocinno* (de la Llave, 1832)]. Hernán Cortés, en la Segunda Carta de Relación enviada el 30 de octubre de 1520 a Carlos V, menciona “... Y en cada una de estas casas había una ave de rapiña, comenzando de cernícalo hasta águila todas cuantas se hallan en España y muchas más raleas que allá no se han visto [...]. Había en esta casa ciertas salas grandes bajas todas llenas de jaulas grandes de muy gruesos maderos muy bien labrados y encajados, y en todas o en las más había leones, tigres, lobos, zorras y gatos de diversas maneras y todos en cantidad, a las cuales daban de comer gallinas cuantas les bastaban, y para estos animales y aves había otros trecientos hombres que tenían cargo dellos...”. En este texto, también se pone de manifiesto la habilidad en la disección y embalsamamiento de animales para su uso en tareas cotidianas “... tiene esta ciudad muchas plazas donde hay continuo mercado y trato de comprar y vender. Tiene otra plaza tan grande como dos veces la ciudad de Salamanca, toda cercada de portales alrededor, donde hay cotidianamente arriba de sesenta mil ánimas comprando y vendiendo; donde hay todos los géneros de mercaderías que en todas las tierras se hallan, así de mantenimientos como de vituallas, joyas de oro y de plata, de plomo, de latón, de cobre, de estaño, de piedras, de huesos, de conchas, de caracoles y de plumas. Véndese cal, piedra labrada y por labrar, adobes, ladrillos, madera labrada y por labrar de diversas maneras. Hay calle de caza donde venden todos los linajes de aves que hay en la tierra, así como gallinas, perdices, codornices, lavancos, doraes, zarcetas, tórtolas, palomas, pajaritos en cañuela, papagayos, búharos, águilas, halcones, gavilanes y cernícalos; y de algunas de estas aves de rapiña, venden los cueros con su pluma y cabezas y pico y uñas...”.

En el largo viaje del hombre hay una necesidad vital, un interés que le mueve a acopiar objetos, su propia supervivencia, para la cual se ha ido pertrechando de productos que la hicieran más fácil, herramientas, combustibles, alimentos y remedios para superar enfermedades. De la necesidad de usar lo que la naturaleza le ofrece, surge el interés por conocer las plantas y los animales que le rodean e intentar saber para qué le pueden resultar útiles. De aquí nace la necesidad de nombrar y organizar todo ese universo de información y nos permite formular otra pregunta, ¿cuándo comienza el hombre a interesarse por sistematizar y catalogar los diferentes tipos de objetos naturales?

El interés por conocimientos esenciales, sin más aplicación que el propio conocimiento, consigue su aparato teórico con los eruditos de la Grecia clásica: Sócrates (470-399 a. C.), Platón (424/423-348/347 a. C.) y Aristóteles (384-322 a. C.). Precisamente es este último el que logró transformar el estudio de la naturaleza en una ciencia respetable (HUXLEY, 2007a). Tanto Aristóteles como Teofrasto (372-288 a. C.), durante el siglo IV, sobresalieron por su habilidad verbal y su claridad de razonamiento y ambos, en sus manuscritos, recogieron ideas y teorías heredadas de la tradición científica popular de sabios anteriores, y las plasmaron de forma tan sistemática y didáctica que se mantuvieron vigentes durante siglos. Alrededor del año 330 a. C., Alejandro Magno fundó la ciudad de Alejandría en una zona muy fértil y estratégicamente situada del delta del Nilo, y lo hizo básicamente por motivos económicos, la apertura de una ruta comercial con el mar Egeo (RENAULT, 1979). Allí se constituyó el centro de ciencia occidental más importante de su momento, al que se denominaba *Mouseion* o *Musaeum* de Alejandría, cuyo esplendor duraría 600 años bajo la dinastía ptolemaica (según Johannes Tzetzes <http://en.wikipedia.org/wiki/Musaeum>). El *museo* contaba con un observatorio astronómico, talleres para elaborar aparatos e instrumentos de astronomía, geografía y una biblioteca, que fue la sección que más creció y más fama adquirió, pero además tenía un apartado de Historia Natural con colecciones zoológicas, salas de disección y un jardín botánico con plantas de todos los países conocidos (RETANA GUIASCÓN, 2006) que se utilizaron como una herramienta básica para la formación y la instrucción.

El conocimiento y clasificación de la Historia Natural durante el periodo romano se fundamentó, principalmente, en Cayo Plinio Segundo o Plinio el Viejo (23-79 d. C.) el cual escribió una obra de 37 libros, denominada *Naturalis Historiae*, donde compila hechos y observaciones de miles de obras escritas con anterioridad. El volumen de referencias y autoridades citadas da idea de la riqueza literaria de Roma y Grecia. Los libros de su tratado versaban, entre otros temas, sobre

astronomía, geografía, botánica, mineralogía y usos medicinales de plantas y animales. Los libros VIII al XI comprenden el tratado de los animales. Con su descripción sobre el uso de materiales orgánicos y minerales en el arte nos legó la única Historia del Arte de la época que ha sobrevivido hasta nuestros días (SUTTON, 2007a).

Physiologus, obra anónima escrita en griego entre los siglos II y IV en Alejandría, constituyó la fuente de conocimientos (los populares bestiarios) más utilizada y reproducida en la Edad Media y, hasta el siglo XIII, compartió autoridad con los tratados científicos de la época como marco de referencia para el estudio y desarrollo de la zoología durante casi 10 siglos (SALISBURY, 1993; BAXTER, 1998). El *Physiologus* consta de 50 secciones; en sus primeras ediciones, los animales identificables corresponden a especies propias del Oriente Medio y de los países mediterráneos mientras que en las traducciones posteriores, en latín, se incorporan descripciones de animales del centro y norte de Europa.

Resulta difícil seguir el desarrollo y formación de colecciones de Historia Natural durante la Edad Media, porque existen pocos estudios sobre este tema. Pero es indudable que los bestiarios tuvieron importancia, en particular los que eran encomendados por monarcas y señores feudales que presumían de su extravagancia y poder al exhibir animales exóticos o extraños, más aún si se trataba de una “bestia” referida en alguno de los famosos libros medievales (CLARK & McMUNN, 1989).

A partir del siglo XIII, con la aparición de las universidades, los bestiarios pasarían a ser solamente catálogos de animales fantásticos como consecuencia del florecimiento de la actividad académica y con ésta, de la Zoología como ciencia. El impulso crucial provino de la reintroducción de los principios aristotélicos por el alemán Alberto Magno, a través de sus escritos *De natura et origine animae*, *De animalibus* y *De motibus animalium*, así como, en siglos posteriores, de los estudios realizados por Leonardo da Vinci sobre disecciones y anatomía comparada entre seres humanos y animales (RETANA GUIASCÓN, 2006).

Durante los siglos XV y XVI asistimos al desarrollo de una nueva ciencia zoológica, en la que se aprecia una mayor independencia y originalidad respecto a Aristóteles, encabezada principalmente por el trabajo de Edward Wotton, cuya obra capital publicada en 1552, *De differentiis animalium Libri decem*, se caracteriza por el uso de una metodología sistemática. Es considerado el primer naturalista del Renacimiento y el primer sistemático moderno ya que sus tesis sustituyeron los argumentos legendarios y fantásticos de los animales por el estudio sistemático de la vida animal. Baste citar como ejemplo que, siguiendo estos cri-

terios, concluyó que los Quirópteros eran un grupo especializado de Mamíferos y no de Aves, como algunos de sus contemporáneos creían (BELLÉS, 2002). Además, en palabras de Bellés, este autor tuvo que criar y observar algunas de las especies que describió y, por lo tanto, mantuvo colecciones, al contrario que otro de los grandes autores de la época, Conrad Gessner, que redactó sus obras basándose en otros libros (KUSUKAWA, 2007).

Pero tenemos que rendirnos a la evidencia, son las colecciones botánicas y su estudio (*Historia Plantarum* y *Decausis plantarum*, obras de Teofrasto traducidas al italiano en el siglo XV) las que lideran el camino en la historia de la conservación. Las plantas son los ingredientes más importantes de las pócimas utilizadas por la medicina (RAJA ET AL., 2010) y por ello aparecen descritas en manuscritos que recogen la sabiduría acumulada sobre el tema en los siglos anteriores. Esta necesidad hizo que su estudio fuera una de las primeras disciplinas científicas impartida por las nacientes universidades europeas. Después de la caída del imperio romano, la cultura y el progreso científico se mantuvieron en el Mediterráneo oriental con un gran auge en el mundo árabe, que recibió el saber de los clásicos occidentales y supo aunarlo con el de los asiáticos. Algunas obras, relacionadas básicamente con la botánica, se copiaron en los monasterios cristianos donde ya existían herbolarios durante la Edad Media. Es el caso de *Acerca de la materia medicinal* (Pedanio Dioscórides 40-90 d. C.), por ejemplo, obra de la que se conocen, además de varias versiones griegas, al menos siete latinas, tres árabes y varias en otras ocho lenguas más (SUTTON, 2007b). Eruditos griegos, romanos y árabes conservaron teorías, conocimientos o manuscritos, pero no quedan restos animales o herbarios, ni nada que pudiera ser considerado espécimen de aquellas antiguas colecciones.

Hasta el descubrimiento de la imprenta a mediados del siglo XV las copias de imágenes, textos y traducciones de los manuscritos se realizaban a mano, y esto provocó que los errores se fueran acumulando y que las ilustraciones se volvieran más esquemáticas. Niccolò Leoniceo (1428-1524) observó que los nombres clásicos de los textos no coincidían con los utilizados por los boticarios y emprendió la tarea de equiparar los nombres clásicos con las plantas reales. Leonard Fuchs (1501-1566) escribió su primer tratado sobre los errores médicos provocados por errores botánicos y en su obra *De historia stirpium commentarii insignes* se propuso ofrecer una guía definitiva a partir de sus nombres, descripciones y aplicaciones terapéuticas; estaba convencido, además, de que las ilustraciones resultaban vitales para su herbario. El equipo de ilustradores de Fuchs, integrado por Albrecht Meyer, Heinrich Füllmaurer y Veit Speckle, bajo su estricta super-

visión y corrección llegó a imprimir ilustraciones de plantas sobre las que aparecían flores, frutos y hojas para que los naturalistas que dispusieran de ese libro pudieran reconocerlas fácilmente. Pero de nada servían los esfuerzos si dichos textos no estaban acompañados de nombres que se correspondiesen con los nombres clásicos; Fuchs intentó relacionar planta con nombre, tarea ingrata y que no siempre fue certera, pero así consiguió correspondencias entre nombres en griego, latín clásico, latín moderno, alemán y en algunas ocasiones en otras lenguas (OGILVIE, 2007).

Pandolfo Collenuccio (1444-1504) fue un humanista italiano al que se le debe la creación del primer museo de ciencias naturales en Italia (MAFFEI, 1852) y el reconocimiento de ser el primero en alabar la importancia del examen directo de los especímenes en lugar de conformarse con las ilustraciones. Más tarde, otros botánicos abandonaron progresivamente los tratados iconográficos para ocuparse directamente del estudio de los ejemplares, insistiendo en la necesidad de conservar las recolecciones como material disponible y observable en cualquier momento.

Se debe a Luca Ghini (1490-1556), la costumbre de conservar las plantas secas sujetas en pliegos de papel (GARCÍA MONTOYA, 2005); fue el responsable de la cátedra de botánica en Bolonia (1534-1539) y en 1544 fue director del que se considera el primer Jardín Botánico del mundo, el Jardín Botánico de Pisa, creado con el apoyo financiero del gran duque de Toscana, Cosme I de Médicis. Aquí, además de llevar a cabo sus tareas como director, continuó enseñando las técnicas de prensado y secado y tuvo como alumno a Ulisse Aldrovandi. Otro de sus alumnos, Andrea Cesalpino, fue director de este mismo Jardín en 1568, época en la que consiguió su máximo apogeo. El herbario de Andrea Cesalpino, custodiado en el Museo de la Universidad de Florencia², está formado por un volumen (dividido en 3) de 266 pliegos y 768 plantas encoladas, dispuestas según un preciso criterio sistemático basado en la observación de los caracteres reproductivos (dos siglos antes que fueran utilizados por Carolus Linnaeus para su clasificación en 1735).

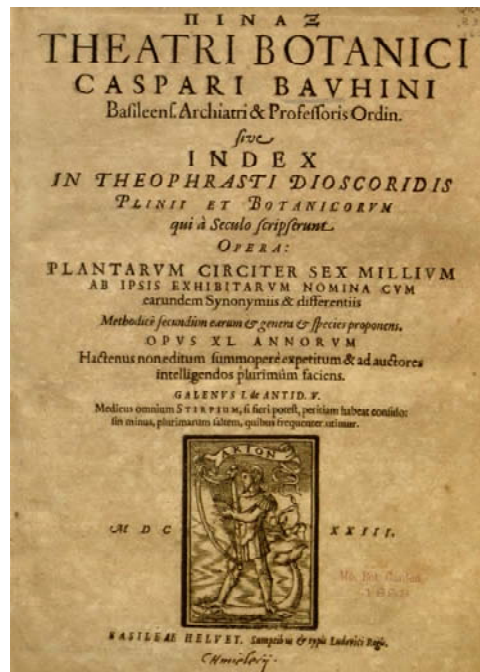
Pero además de éste, podemos citar otros herbarios de plantas secas considerados los más antiguos y que aún perviven: http://www.dipbot.unict.it/erbario_es/erbari_es.html.

² Allí se conserva, además, un hipopótamo que se considera la pieza taxidermizada más antigua del mundo.



Planta seca sujeta a pliego y conservada en el herbario de plantas vasculares del Real Jardín Botánico de Madrid (MA 65025) *Anthyllis maura* Beck. f. *megaphylla* Pau (Leguminosae-Papilionoideae), colector C. Pau, en Marruecos, 1929. <http://www.gbif.es/Imagenes.php#MA-Typi>.

Herbarios europeos del Renacimiento: portada de la obra de Gaspard Bauhin *Pinax Theatri Botanici, sive Index in Theophrasti, Dioscoridis, Plinii, et Botanicorum qui a saeculo scripserunt opera* (Basilea, 1623).



Un herbario anónimo, custodiado por la Biblioteca Angélica de Roma, encuadernado por F. Petrollini de Viterbo entre 1545 y 1550 y erróneamente atribuido a Gherardo Cibo, alumno de Luca Ghini, está constituido por 4 volúmenes con 978 pliegos en total y 1.347 plantas encoladas, numeradas y provistas de un índice alfabético. Otro herbario importante es el de Ulisse Aldrovandi de 1544, conservado en la Universidad de Bolonia, formado por 16 volúmenes con un total de 4.117 pliegos y cerca de 4.760 plantas. También merece la pena mencionar el herbario ducal Estense, anónimo, del siglo XVI, custodiado en la Biblioteca de Módena y formado por 146 pliegos y 182 plantas y el herbario de Gaspard Bauhin, alumno de Fusch, y a quien se debe la introducción en la Taxonomía de la nomenclatura binomial, que fue adoptada por Carolus Linnaeus en su clasificación científica. La primera obra de Bauhin, *Pinax Theatri Botanici, sive Index in Theophrasti, Dioscoridis, Plinii, et Botanicorum qui à saeculo scripserunt opera* (publicada en Basilea en 1623), fue la primera en mostrar esta fórmula para nombrar a las especies. Describió 2.700 especies, hizo la primera descripción precisa de la patata, y la encuadró de forma correcta en un grupo de plantas afines (al que con posterioridad se clasificaría como Solanáceas), y su herbario, también realizado a finales del siglo XVI y constituido por 20 fascículos con un total de

2.400 pliegos y cerca de 2.000 plantas, se conserva en la biblioteca del Jardín Botánico de Basilea, donde fue docente. Todos estos herbarios constituyen colecciones científicas, que sus creadores consideraban un instrumento necesario para el análisis, la comparación y el reconocimiento de las plantas.

En 1571 Felipe II envía a Francisco Hernández de Toledo en la primera expedición botánica a Nueva España, actual México. Durante siete años viajó recogiendo información sobre plantas y sus usos por la cultura azteca, de larga tradición puesto que cuando los españoles llegaron a la capital de Moctezuma, esta contaba ya con un jardín botánico. El trabajo del español generó 6 volúmenes de texto y 10 de ilustraciones los cuales envió a España junto con plantas secas y semillas para los nuevos jardines de Aranjuez. Murió antes de que su obra viera la luz y la colección se mantuvo guardada en El Escorial hasta el incendio de 1671 (REGUEIRO, 1988).

Algunos de los eruditos que conservaban herbarios también, y de forma esporádica, guardaban en ellos animales, pero su conservación, más compleja, los reducía básicamente a restos duros como cuernos, dientes, conchas, corales, huevos o picos. En este sentido, las primeras colecciones zoológicas de la edad moderna de las que se tiene referencia son las de Aldrovandi y la de los Tradescant.

Ulisse Aldrovandi (1522-1605) consideraba que la observación directa junto a las ilustraciones en los libros de Historia Natural eran elementos imprescindibles pues conocía la vaguedad de los textos clásicos; su objetivo fue identificar y describir de forma fidedigna el mayor número de animales, plantas y minerales, objetivo que en aquel momento histórico suponía un gran reto pues comenzaban a llegar nuevas especies procedentes de las exploraciones del Nuevo Mundo, Asia y África (OLMI, 2001). Consiguió una colección de más de 18.000 “objetos naturales” que dieron origen al Museo Aldrovandi, que, a diferencia de los gabinetes de curiosidades que proliferaban en esa época y cuyo objetivo primordial era asombrar al visitante, fue un centro de estudio e investigación que sólo servía a propósitos puramente científicos³.

³ Hoy en día, aún se conservan 3.000 de las 8.000 ilustraciones que pudo reunir, en la biblioteca de la Universidad de Bolonia, donde también se conserva su herbario, mientras que el resto de especímenes zoológicos se encuentran entre las colecciones de Ciencia en exhibición del Palazzo Poggi (Universidad de Bolonia). Aldrovandi donó a la ciudad su colección y el Senado, en 1617, inicialmente la colocó en el Palacio Público y fue trasladada en 1742 al Instituto de Ciencias del Palazzo Poggi. Durante el siglo XIX la colección fue desmantelada en gran medida pero, en 1907, parte de las colecciones fueron restituidas a su ubicación actual. No obstante, el núcleo de las colecciones del Palazzo Poggi lo constituyen los especímenes naturales recogidos por el militar y científico Luigi Ferdinando Marsili (1658-1730), fundador del Instituto delle Scienze, durante sus numerosos viajes por diferentes regiones europeas.

John Tradescant el viejo (1570-1638) y su hijo, John Tradescant el joven (1608-1662), fueron jardineros reales en Inglaterra, su vida giraba en torno a la conservación y propagación de plantas y a la adquisición de rarezas, y también los primeros en abrir un museo para el público denominado Tredekins Ark, en South Lambeth (GARCÍA MONTOYA, 2005). En 1638, un viajero alemán llamado Georg Christoph Stirn hizo una descripción detallada de la colección y su contenido. Entre sus maravillas se incluían conchas marinas, fósiles, cristales, aves, peces, serpientes e insectos y un dodo naturalizado⁴.

Las colecciones denominadas cámaras de las maravillas que se desarrollaron desde la Edad Media tardía hasta el Renacimiento, son consideradas la forma de transición de las colecciones, desde las acopiadas por las órdenes monásticas (compuestas por bibliotecas y objetos) y cargadas de simbolismo religioso, hasta los gabinetes de maravillas del renacimiento mantenidos por personajes de la realeza o con poder económico (eruditos o aficionados); y suponen una transformación, donde el simbolismo se seculariza. Con el nuevo espíritu de investigación renacentista se observa un cambio paulatino, se desvanece el componente simbólico y va adquiriendo peso el matiz 'científico' (BARATAS & GONZÁLEZ-BUENO, 2013; BLOM, 2013).

¿Cuándo y por qué se dejan de acumular especímenes exclusivamente por su valor expositivo de lo extraordinario y se comienza a recolectar de forma sistemática, por un puro interés de conocimiento? Es indudable que el cambio en el pensamiento necesario para instrumentar esta idea llegó de la mano de Francis Bacon (1561-1626), que desafió la doctrina establecida abogando por la necesidad de "interpretar la naturaleza" mediante la experimentación y la observación en lugar de repetir ciega y servilmente obras y teorías heredadas⁵ (HUXLEY, 2007a: 92). La metodología heredada de los clásicos se reveló insuficiente para

⁴ El dodo es un Ave Columbiforme no voladora que vivía en la isla Mauricio y que fue descubierta por europeos en el año 1598. Su carne tenía mal sabor por lo que se supone que su extinción se debe a la predación que sobre ella efectuaron especies alóctonas (perros, gatos, ratas y cerdos); en 1680 este pájaro ya se había extinguido (www.oum.ox.ac.uk/learning/pdfs/dodo.pdf). La exitosa historia de los Tradescant como colectores fue oscurecida por Elias Ashmole (1617-1692), abogado que se quedó con esta colección (POTTER, 2006) la cual finalmente fue donada al Museo Universitario de Oxford, que en la actualidad se denomina Ashmolean Museum.

⁵ El pensamiento de Francis Bacon en su *Nueva Atlántida*, fue la piedra angular que influenció a un grupo de discusión sobre ciencia y filosofía, creado desde 1645 denominado "The Philosophical Society of Oxford". En la actualidad se mantiene que estos grupos son uno de los posibles orígenes de la Real Sociedad de Londres, fundada en 1660, para la mejora del conocimiento natural.



Tradescantia Ruppius ex L., género de Commelinaceae originario del Nuevo Mundo y dedicado a John Tradescant el joven. Lámina de Francisco Javier Matis Mahecha de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada (1783-1816), dirigida por José Celestino Mutis (cortesía del Real Jardín Botánico-CSIC).

estudiar la avalancha de plantas y animales exóticos que inundaron Europa entre otras cosas por los viajes trasatlánticos. Este cambio de pensamiento se observa en la lógica y la meticulosidad del trabajo de John Ray (1627-1705) que sentaron las bases científicas del estudio, la nomenclatura y la clasificación de los seres vivos. Su interés científico se centró en la catalogación de los seres vivos que le rodeaban, herborizando y diseccionando semillas observó que se podían clasificar en dos grandes grupos, a los que hoy en día se denominan Monocotiledóneas y Dicotiledóneas. Pero la mayor contribución de Ray a la ciencia fue definir una especie, como un grupo de individuos que comparten ciertos caracteres que se perpetúan en su progenie (HUXLEY, 2007b). Además, creía que para establecer una clasificación natural —es decir, una clasificación que agrupara a las plantas según sus similitudes reales— se debería tener en cuenta el mayor número posible de caracteres, enumerando qué caracteres no resultan de utilidad para esa clasificación, como por ejemplo la altura en las plantas (HUXLEY, 2007b).

El siglo XVIII es el siglo de los viajes transoceánicos y de las expediciones científicas en muy diversas disciplinas y es cuando se quiere descubrir la geografía del mundo. Pero además es el siglo de la aparición de los grandes museos de Historia Natural que han llegado hasta nuestros días. Fundados con el material obtenido durante dichas expediciones o bien con las colecciones privadas de naturalistas, colectores que disfrutaron a lo largo de su vida de una posición acomodada, con un patrimonio económico suficientemente grande como para permitirles hacerse cargo holgadamente de los gastos ocasionados por el acúmulo de especímenes y objetos variados cuya conservación y exhibición requería mantenimiento. La creación de dichas instituciones, ha servido, con un sinfín de vicisitudes, como valiosa infraestructura para poder conservar cientos de colecciones de botánica y zoología que se originaron por el trabajo sistemático de generaciones de científicos en busca de conocimiento durante los dos últimos siglos.

El más famoso de los ejemplos es la colección reunida por Hans Sloane (1660-1753) que dio origen al British Museum de Bloomsbury en 1753. Este erudito inglés viajó a Jamaica en 1687, como médico de la familia del nuevo gobernador. Su afición por la botánica le llevó a recolectar durante este viaje miles de especímenes, originando una colección que fue aumentando y diversificando a lo largo de su longeva vida y que a su muerte fue comprada por el gobierno británico, gracias a los fondos obtenidos por medio de lotería pública (STEARN, 1981). Sus colecciones de Botánica y escasos especímenes de Zoología, forman parte en la actualidad, del Natural History Museum de Londres situado en South Kensington. En esta localidad se construyó un nuevo edificio, que abrió sus puer-

tas al público en 1881, para contener lo que fue considerado simplemente una parte, localizada en la distancia, del British Museum de Bloomsbury y que contenía el departamento de Historia Natural, y así fue legalmente hasta que en 1963 obtuvo su estatus actual.

Joseph Banks (1743-1820) fue célebre porque acompañó en su segundo viaje (julio de 1768 a julio de 1771) al capitán James Cook, en el *HMS Endeavour*. Durante ese viaje se cartografiaron más de 2.000 kilómetros de la costa este del continente australiano, incluyendo los peligrosos bancos de arena dentro de la Gran Barrera de Coral. Además de las excelentes cartas marinas obtenidas a lo largo de cinco meses de navegación extremadamente difícil y peligrosa, se hicieron varias excursiones por tierra, pero la más importante al sur de la actual Sydney, en el actual Botany Bay, llamado así debido a la gran cantidad de nuevas plantas recolectadas allí. Con estos herbarios se enriquecieron y consolidaron las colecciones del Royal Botanic Gardens de Kew (RICE, 2010: 146).

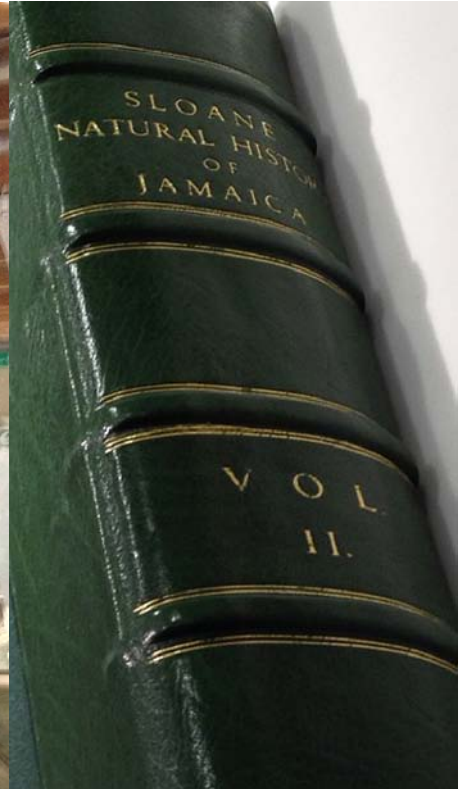
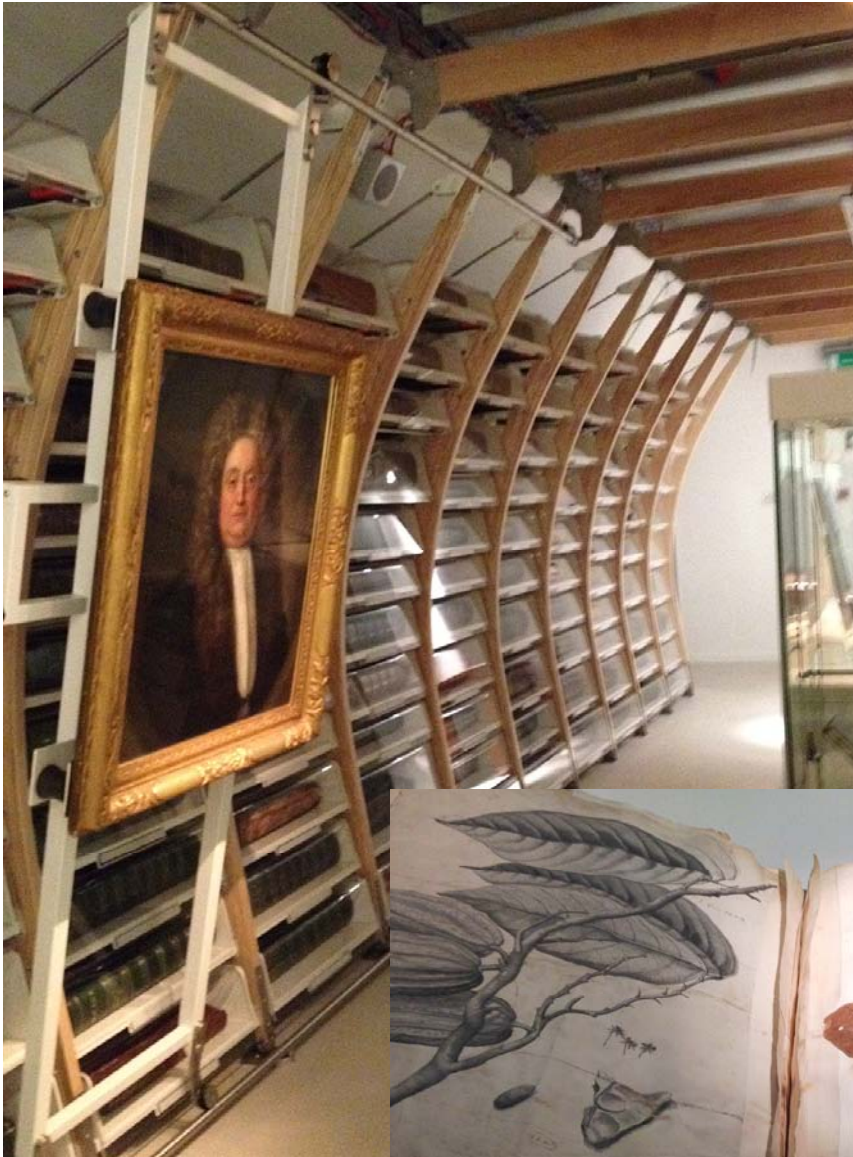
Jean-Baptiste-Pierre-Antoine de Monet, Caballero de Lamarck (1744-1829), participó en 1793 en la transformación del Jardin du Roi (creado en 1635) a Muséum National d'Histoire Naturelle (1793), bajo la dirección de Joseph Lakanal. En 1790, a los cincuenta años, este especialista en Botánica⁶ no dudó en reentrenarse al ser nombrado profesor de Historia Natural de Insectos y gusanos en el Jardin du Roi, convirtiéndose en profesor de Zoología, a cargo de los Invertebrados: fue él quien acuñó el término “Biología” para describir a la ciencia que estudia los seres vivos y fundó la Paleontología de Invertebrados trabajando en conchas fósiles de la cuenca de París.

El MNCN de Madrid tiene su origen en el Real Gabinete de Historia Natural fundado en 1771 por Carlos III al aceptar la donación de las colecciones de Pedro Franco Dávila (CALATAYUD, 1988; VILLENA *ET AL.*, 2008).

Para comprender la oportuna aparición de los Museos como hospedadores de colecciones científicas y el valor que conllevan estas, basta mencionar un par de ejemplos, concretamente los de Alfred Russel Wallace y Henry Walter Bates. Cuando Wallace regresó a Londres de su viaje de exploración al archipiélago malayo, en abril de 1862, había colectado un total de 125.000 especímenes, la mayoría escarabajos pero también otros Invertebrados, Aves, Mamíferos, Anfibios, Reptiles y Peces y, aún en la actualidad, su colección se reconoce como

⁶ En 1779, la Imprenta Real publicó su *Flora Francesa*, que incluye las claves dicotómicas para identificar cada planta.





De izquierda a derecha y de arriba a abajo:
Depósitos de la colección de herbarios de Hans Sloane, en la actualidad Natural History Museum. Lomo del volumen II del herbario correspondiente a la *Natural History of Jamaica* conservado en el Natural History Museum y detalle de dos pliegos de dicho volumen, el de la planta del cacao (*Theobroma cacao* L.) y otro donde se puede apreciar la conservación desecada tanto de plantas como de los insectos que se encontraban sobre las mismas. Fotografías: Isabel Rey.

una de las más importantes jamás reunida y que además ha constituido la base de numerosas publicaciones científicas, incluyendo las propias de Wallace (en 1869 él había publicado 18 trabajos). Con ejemplares de esta colección se han descrito casi 2.000 nuevas especies de escarabajos y cientos de mariposas (RICE, 2010). Su contribución a la ciencia no sólo debería ser recordada por ser el co-descubridor de la evolución por selección natural sino también, por ser un colector impresionante. Por su parte, Bates regresó a Inglaterra en 1859, después de 11 años en la Amazonía y Sudamérica, y estimaba que había colectado alrededor de 712 especies de Mamíferos, Reptiles, Aves, Peces y Moluscos y casi 14.000 Insectos de los cuales no menos de 8.000 fueron nuevos para la ciencia (RICE, 2010).

A lo largo el siglo XIX, mientras se consolidan las grandes colecciones de Historia Natural de nuestro tiempo, se formula la teoría de la Evolución, al tiempo que se estudia la estructura microscópica de los organismos (teoría celular) y se inicia el conocimiento de la naturaleza química y las reacciones moleculares que se producen en los seres vivos (Química fisiológica). En 1838, sólo dos años después de que Darwin desembarcara del *Beagle*, Matthias Jakob Schleiden y Theodor Schwann formularon la teoría celular que culminó Rudolf Ludwig Karl Virchow con su famosa frase “*omni cellula est cellula*” (cada célula deriva de otra célula). Un poco más tarde, en 1842, Karl Wilhelm von Nägeli observó los cromosomas en células de plantas; y el mismo año en que fue publicado *El origen de las especies*, 1859, vio la luz el experimento de Louis Pasteur que puso fin a la controversia de la generación espontánea. Gregor Johann Mendel publicó en 1866 sus experimentos de hibridación vegetal y tres años después, en 1869, Friedrich Miescher descubrió el ADN, al que denominó *nucleína*; aunque muy rebatido en principio, pronto fue confirmado. P. Ploz en 1871, identificó nucleína en núcleos de eritrocitos de ave y serpiente, y en 1873 sucedió lo mismo en células hepáticas. En 1881 el botánico E. Zacharias, utilizando los métodos de extracción y caracterización de Miescher, informó de la presencia de nucleína en los núcleos de eritrocitos de rana y en los núcleos de protozoos y, lo que fue más notable, también en el núcleo de la epidermis de hojas de los géneros *Tradescantia* y *Ranunculus*, concretamente en las estructuras de división a las que se denominaban “*varillas*” (que años más tarde se llamarían cromosomas) de los núcleos de dichas plantas (WOLF, 2003), estableciendo la primera asociación entre los datos citológicos y bioquímicos (KARP, 2009). Walther Flemming definió en 1882 la cromatina como el componente básico del núcleo, explicó la división celular y le dio el nombre de mitosis. Aunque el término ácido nucleico no fue acu-

Retrato de Johann Friedrich Miescher (1844-1895) conservado en la colección de retratos de la biblioteca de la Universidad de Tübingen. Autor desconocido (reproducido con autorización de la Universitätsbibliothek Tübingen).



ñado hasta 1889 por Richard Altmann, cuando demostró que la nucleína tenía propiedades ácidas, en 1890 fue el primero en reconocer la aparición ubicua de un orgánulo al que denominó “*bioblasts*” (mitocondria) en todo tipo de células, aunque ya era conocido desde 1840 (ERNSTER & SCHATZ, 1981). Todo este conocimiento junto al desarrollo de la genética a partir de las leyes de Mendel (1866) posibilitó la formulación de la teoría cromosómica de la herencia en la primera década del siglo XX, facilitando la llave para la creación de nuevas disciplinas científicas que proporcionaron un conocimiento más preciso de la naturaleza química y biológica de los seres vivos.

Se estima que en la actualidad hay aproximadamente 2.500 millones de especímenes y objetos de Historia Natural (DUCKWORTH *ET AL.*, 1993) en casi 6.500 colecciones (MARES, 1993)⁷. Un informe del Reino Unido señaló que había 104 millones de ejemplares en las 22 mayores colecciones del Reino Unido (SCIENCE AND TECHNOLOGY COMMITTEE, 2002).

⁷ Esta cifra varía dependiendo de la fuente. En <http://www.biorepositories.org/> se señalan 6.697 instituciones que han alojado o alojan colecciones de Historia Natural; esta base de datos inicialmente se abasteció con aproximadamente 7.000 acrónimos institucionales, compilados por el National Center for Biotechnology Information (NCBI) a partir de publicaciones, como por ejemplo las colecciones de Insectos y Arañas del mundo, publicada en 1993, o los directorios de repositorios, obtenidos del índice de Herbariorum (<http://sciweb.nybg.org/science2/IndexHerbariorum.asp>). Según el Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (<http://www.gbif.org/>), se estima que por sí solas dichas colecciones contienen más de dos billones de objetos.

Las colecciones de Historia Natural se pueden definir como un conjunto de especímenes (completos o parciales) y objetos, extraídos de la naturaleza y tratados con diferentes técnicas de preservación para garantizar su permanencia y estabilidad en el tiempo, mantenidos como lotes, piezas únicas o por sus representaciones (incluidas las artísticas), en cualquier formato físico o digital (moldes, modelos, dibujos, grabados, fotografías), que se han acumulado en un periodo de tiempo concreto o a lo largo de la historia, que pueden seguir aumentando y que sirven, y han servido, para diversos fines (científicos, educativos, expositivos, patrimoniales). Además, esta definición puede incluir todos los utensilios, artefactos y herramientas necesarios para la recolección, preparación y exhibición de esos ejemplares y que se han utilizado en diversas épocas. Cada una de las piezas conservadas lleva asociados una serie de datos que la ubican en el tiempo y el espacio (medio natural) y la definen en la historia, pues contienen información sobre los sucesos que han sufrido hasta llegar al depósito donde se custodian. Toda esa información es parte intrínseca del espécimen, como su forma, diseño o color y es así, desde esta visión conjunta, como debe de ser entendida una pieza de colección de un museo de Historia Natural.

Las colecciones de Historia Natural sirven para elaborar nuevos estudios científicos, además de ser ‘testigo’ de la investigación presente y pasada; garantizan la educación en Ciencias Naturales y contribuyen a la divulgación de su conocimiento, certifican el conocimiento en el futuro del patrimonio biológico de épocas pasadas y, finalmente, resultan útiles por el simple placer de su contemplación.

Las características que diferencian las colecciones de Historia Natural del resto de las colecciones que forman el patrimonio cultural y científico (museos de arte o museos de ciencia y tecnología) son:

1. El volumen de especímenes que tiene que ser conservado y gestionado.
2. Su naturaleza, ya que las colecciones de Historia Natural son especímenes orgánicos naturales mientras que el resto son, en general, objetos manufacturados a partir de materiales orgánicos o inorgánicos (por ejemplo, las colecciones etnográficas).
3. La repetitividad de los ejemplares de cada especie o población, frente a la naturaleza de “objeto único e irreplicable” del resto de colecciones.

En lo que se refiere al volumen de especímenes resulta sencilla la diferencia, la colección custodiada por el Museo del Prado está formada por 25.000 obras y

la del Museo Arqueológico Nacional por alrededor de 1.500.000 (E. Galán, com. pers.); mientras la que alberga el MNCN llega casi a 8 millones de especímenes⁸.

Las colecciones de Historia Natural, además de conservación preventiva, curativa y restauración, tienen que ser sometidas a técnicas de preparación para evitar su descomposición y permitir el estudio a diferentes niveles de organización (individuo, sistema, órgano, célula o molécula). Para ello son necesarios procesos de fijación o disección, completa o parcial, que implican, dependiendo del grupo taxonómico del que se trate, evisceración, desollado, descarnado, limpieza, curtido, montaje y secado; además, hay que tener en cuenta que dichas muestras pueden ser sometidas a múltiples procesos para obtener preparaciones microscópicas, histológicas o citológicas, que pueden incluir o no tinciones específicas, o tratamientos con diferentes niveles de sofisticación en función del desarrollo de determinadas técnicas y de los objetivos finales para los que se conserva un ejemplar.

En las colecciones de Historia Natural, en general, de cada especie se conservan series de especímenes de la misma población, es decir, no se conserva un único ejemplar, sino que se guarda un número concreto, significativo a nivel estadístico, para verificar la variabilidad intra e interespecífica. Una colección es más valiosa cuanto más material de referencia albergue con estas características (especies extinguidas, especies similares de diferentes procedencias y hábitats, o series típicas). Mientras que en el resto de las colecciones casi siempre se trata de piezas únicas, característica en la que precisamente radica su valor.

Aunque la casuística en colecciones es muy diferente, es imprescindible que no se olvide, sean de la naturaleza que sean, que hoy por hoy, en España están protegidas por la misma Ley de Patrimonio Histórico de 1985.

3.2. COLECCIONES CIENTÍFICAS

La Real Academia Española define colección como conjunto ordenado de cosas, por lo común de una misma clase y reunidas por su especial interés o

⁸ En la página web del Museo del Prado (<http://www.museodelprado.es/coleccion/historia/>) se puede leer: "La colección está formada por aproximadamente 7.600 pinturas, 1.000 esculturas, 4.800 estampas y 8.200 dibujos, además de un amplio número de objetos de artes decorativas y documentos históricos. En la actualidad, el Museo exhibe en su propia sede algo más de 1.300 obras, mientras que alrededor de 3.100 obras, ('Prado disperso') se encuentran, como depósito temporal en diversos museos e instituciones oficiales..."; la suma de dichas cifras arroja un total de 21.600 obras.

valor. Las colecciones científicas se pueden definir, a su vez, como el conjunto de especímenes, completos o parciales (por ejemplo, genitales, rádulas, muestras o preparaciones histológicas...), tratados con técnicas de preparación básicas o específicas, que son denominados de forma genérica material de referencia de un trabajo de investigación que puede haber sido publicado, dibujado o fotografiado, y que constituye el aval (*voucher*) de dicha investigación y el resguardo si se quiere comprobar, reanalizar o reutilizar para otra investigación posterior el mismo material.

Por lo tanto, son el conjunto de ejemplares colectados durante el desarrollo de proyectos de exploración o investigación, o bien son el resultado del acúmulo de muestras para una disciplina de investigación determinada y que, en conjunto, ha aportado un conocimiento concreto. Las colecciones científicas se han formado, en ocasiones, sin una finalidad clara de serlo, y sólo son la consecuencia de un extenso trabajo, así ocurre por ejemplo con la colección de muestras histológicas de Cajal (GARCÍA-LÓPEZ *ET AL.*, 2010) o los bancos de tumores (MORENTE *ET AL.*, 2011) que se han formado por el acúmulo de biopsias realizadas a pacientes, donde cada preparación por separado forma parte de un expediente y resuelve un caso concreto, pero que en su conjunto acreditan el conocimiento sobre una enfermedad determinada, con un volumen estadísticamente significativo, y que tal vez de otra forma no se podría haber conseguido; característica esta muy importante en ciencia. También se pueden haber formado a lo largo del tiempo o de la vida de un especialista y a sus expensas, o a base de colectas de promociones de estudiantes, que al final, por donación, casualidad o suerte se localizan en museos, universidades o institutos de enseñanza secundaria.

En ocasiones su incremento no depende de donaciones, sino que está relacionado con la propia política de la colección, es decir, en función de la cobertura del ámbito de trabajo, de los efectivos que alberga y de las solicitudes de préstamos de material que no han podido ser satisfechas. Así, por ejemplo, pueden destinarse partidas económicas para hacer colectas específicas en áreas concretas o en hábitats determinados, o referidas a un grupo animal en particular.

Desde un punto de vista ético, el material muestreado, sea cual sea el grupo animal, ha de ser tratado con respeto, pues se ha extraído de la naturaleza en beneficio humano. Además, se ha invertido dinero, en gran proporción público, tanto en la obtención de las muestras, como en la formación del personal que lo colecta, prepara y estudia y, por lo tanto, es patrimonio de la sociedad, en general, y de los países de los que se han obtenido los especímenes, en particular (CBD, 1992; NAGOYA, 2011).

Como se puede leer en el informe final del *OECD Global Science Forum* (OECD, 2008) las colecciones científicas son parte integrante y esencial de la infraestructura de todos los países con empresas de investigación e *“incluyen colecciones de plantas, animales, microorganismos, muestras biomédicas, rocas, minerales, núcleos de hielo, fósiles, artefactos humanos y otros diversos objetos de estudio científico, junto con sus datos; pero no lo son sólo colecciones de datos, bibliotecas u objetos de arte”*. En el mismo documento se define también el concepto de *“series de especímenes”* como el conjunto formado por especímenes completos o parciales, sonidos, tejidos, compuestos químicos o moleculares.

Según este mismo documento (OECD, 2008), el progreso científico requiere la preservación, conservación y mantenimiento de las colecciones científicas por una variedad de razones entre las que se incluyen, sin perjuicio de muchas otras posibles, las siguientes:

- *Mantener los especímenes de referencia para verificar los resultados del pasado.*
- *Proporcionar material de estudio para nuevas técnicas analíticas.*
- *Ofrecer un acceso rápido a muestras representativas de todo el mundo, incluyendo lugares remotos.*
- *Mantener el material que tiene un valor relacionado con el punto específico de captura en el momento en que se recogió (especialmente las muestras del medio ambiente).*
- *Conservar el material de áreas, organismos o ecosistemas que ya no existen.*
- *Evitar el gasto de la toma de muestras de nuevo cuando se necesite con urgencia en el futuro.*
- *Calibrar procesos e instrumentos en diferentes laboratorios.*
- *Contribuir a la comprensión de la cultura compartida de la ciencia en todo el mundo, incluyendo la historia y el desarrollo de la misma.*

Aunque el mantenimiento de colecciones científicas aporta beneficios a la sociedad, también representa amenazas. El aumento del tamaño de las colecciones a lo largo del tiempo es constante (y esa sería la situación ideal), pero conlleva un gran dilema. Las colecciones crecen, mientras que el espacio que ocupan y los recursos para mantenerlas y conservarlas permanecen constantes, o incluso se reducen, lo cual dificulta la toma de decisiones acerca de qué material debe o merece la pena ser conservado. Incluso si los recursos no son un problema, el espacio sí suele serlo y los objetivos o intereses de una institución pueden cambiar a lo largo del tiempo, lo que puede dar lugar a modificaciones en las prioridades del mantenimiento de ciertas colecciones.



Las colecciones científicas custodian miles de especies y de cada una de ellas se pueden guardar series que representan su variabilidad intra e interespecífica. En la página anterior caja de la Colección de Entomología del MNCN con especímenes tipo (destacados con etiquetas rojas) de Ortópteros Tetigónidos de la tribu Pterochrozini. Fotografía: Isabel Ortega.

Sobre estas líneas armario de la Colección de Ictiología del MNCN donde pueden apreciarse ejemplares del orden Cypriniformes conservados en fluido. Fotografía: Gema Solís.

Conservar los especímenes que ya han sido utilizados en una investigación puede parecer superfluo al cabo del tiempo o incluso obsoleto, pero hay que tener en cuenta que las investigaciones no son globales (no contemplan todos los aspectos posibles) o, lo que es lo mismo, un espécimen utilizado para tomar una serie de medidas o realizar ciertos dibujos (por ejemplo para identificar una especie) puede usarse, años después, para estudiar su sistema reproductor o masticador o intentar extraer ADN; por eso las colecciones de Historia Natural en muchos aspectos siguen manteniendo información inédita. La ciencia siempre está evolucionando y descubriendo nuevas técnicas de análisis que pueden generar nueva información reevaluando objetos viejos, estudiados o no, que han permanecido almacenados incluso en mal estado o con gran deterioro, pero que son un recurso irremplazable (Hawks, 1990), con

más interés aún si los especímenes pertenecen a especies o poblaciones antiguas o extintas.

Por otro lado, la ingente cantidad de información que atesoran los millones de especímenes de las colecciones científicas todavía está inédita en su mayor parte, pues sólo se ha digitalizado un porcentaje muy pequeño, y esa información asociada puede aportar conocimiento a distintas disciplinas científicas (<http://www.gbif.org/>). Estas razones, por sí solas, justificarían haber invertido tiempo, dinero y esfuerzo en su mantenimiento.

Desde un punto de vista económico los beneficios que se han obtenido, y que se pueden obtener a medio o largo plazo, no han sido ni tan siquiera evaluados, y el gasto en mantenimiento de las colecciones de Historia Natural supone un porcentaje irrisorio del producto interno bruto (WHITING & ASSOCIATES, 1995; SUÁREZ & TSUTSUI, 2004).

Además, en este momento existen más científicos e investigadores en Ciencias Naturales (o en cualquier otra rama de la ciencia) que en toda la historia de la humanidad (aunque sólo sea en proporción con el número de habitantes del planeta). Si las grandes colecciones que actualmente conservamos desde el siglo XVIII se han formado gracias al trabajo de un porcentaje mucho menor de personas, ¿hasta dónde podemos llegar? Es el momento de reflexionar, de ver qué es exactamente lo que se conserva, de analizar cuánto más podemos acumular y en qué áreas han de incidir los mayores esfuerzos, de trabajar en conjunto mejorando las técnicas utilizadas para la colecta, el estudio y la preservación de especímenes y datos; y de decidir, además, cómo se puede garantizar mejor la custodia y el acceso a ejemplares e información. Hay que tener muy claras las razones de la necesidad de estudios en el presente y en el futuro y los motivos para coleccionar nuevos especímenes de unos u otros grupos animales y en qué hábitats puede ser prioritario hacerlo. Sólo aunando el conocimiento profundo de las colecciones y la reflexión, se podrá trabajar con el tesón necesario para superar las múltiples dificultades que supone cumplir con las regulaciones nacionales (permisos locales) e internacionales (ABS, CITES). En palabras de BOUCHET (2008), el trabajo de campo llevado a cabo específicamente para fines taxonómicos sigue realizándose, en esencia, a pequeña escala y con técnicas y tecnologías tradicionales, de bajo rendimiento, muy destructivas y no pocas veces de ajuste dudoso a la legalidad. Esta situación es insostenible en una época donde los organismos de financiación y las instituciones académicas esperan que los científicos cumplan con las normativas vigentes, sean rigurosos en todas las fases de su investigación y respondan de forma adecuada y ética a

las exigencias de los nuevos tiempos que vivimos (BOUCHET, 2008). Finalmente, debemos estar en situación de garantizar, como mínimo, que esos objetos reciben el tratamiento adecuado para su buena conservación y mantenimiento y que tanto los especímenes como su información sean accesibles a la comunidad científica o al personal autorizado que lo requiera.

Es muy común que las colecciones científicas hayan sido colecciones personales, es decir, los investigadores que las reunían no estaban amparados por instituciones de investigación o educación que se comprometieran, a la larga, a salvaguardarlas, de forma que el propio investigador optaba por cuidarlas y mantenerlas aunque muchas veces, con el paso del tiempo, dichas colecciones quedaban desamparadas (es lo que se denomina colecciones huérfanas). En la actualidad se están intentando organizar a escala nacional e internacional mecanismos de coordinación entre las colecciones para alertar sobre estas colecciones huérfanas y permitir que diferentes instituciones puedan obtener su custodia y preservarlas. Un informe (SCIENCE AND TECHNOLOGY COMMITTEE, 2008) señaló que 97 de los 602 herbarios existentes en 1945 en Gran Bretaña habían sido destruidos y se desconocía el paradero de otros 106; por lo que los ejemplares de 203 colecciones se habían perdido para siempre.

Las colecciones personales de tejidos y ADN pueden considerarse un tipo de estas colecciones huérfanas, puesto que de forma habitual se originan bajo el auspicio de proyectos de investigación concretos que una vez finalizados a menudo “olvidan” restos de muestras o extractos de ADN en el fondo de refrigeradores o congeladores. Este abandono ocasiona diferentes grados de disociación entre muestras y datos con los subsecuentes problemas derivados. Los responsables de tales investigaciones, al igual que los responsables de las instituciones que albergan las muestras, ajenos a estos problemas, no saben qué hacer, pues aún falta concienciación de su importancia como patrimonio genético y, a menudo, incluso desconocen la existencia de colecciones de tejidos y ADN que puedan custodiarlas. La garantía y el cuidado de las muestras debe estar bajo la responsabilidad de técnicos profesionales en las instituciones y las tareas deberían estar regidas por protocolos estandarizados desde el mismo momento de la colecta. Hay que tener en cuenta, además, que la financiación utilizada para los proyectos que generan estas colecciones suele ser pública en un elevado porcentaje y, por tanto, las muestras han de ser consideradas patrimonio de la nación, de manera que la gestión del mismo debería ser entendida como salvaguarda de la inversión de los estados. Teniendo en cuenta el punto de vista ético, la intervención de dichos técnicos podría contribuir a evitar el sacrificio, muchas veces inne-



Detalle de un grupo de abejarucos *Merops apiaster* Linnaeus, 1758, taxidermizado por José María Benedito en 1916. Colección de Aves del MNCN. (Archivo Fotográfico del MNCN).

cesario y repetido, de organismos vivos, o al menos a reducirlo. También se debería considerar que al finalizar muchos proyectos de investigación de esta naturaleza lo único que queda en claro son las muestras, porque no se tiene ninguna garantía sobre la generación de publicaciones y, en suma, de conocimiento, que es la única justificación aceptable para ese gasto público y para el sacrificio de seres vivos.

3.2.1. Colecciones clásicas

Las colecciones se pueden dividir, siempre artificialmente, de muchas maneras. Por ejemplo, dependiendo de su finalidad social, se pueden distinguir colecciones de exhibición, divulgación, didáctica o investigación. Pero también las podemos clasificar según una visión histórica, como clásicas o nuevas.

En la actualidad, tendemos a llamar “nuevas” a las colecciones de tejidos y ADN, aunque tienen más de 30 años de existencia. Pero, este término también se usa para otras muchas colecciones, como fonotecas (que albergan sonidos



Las colecciones clásicas conservan piezas naturalizadas, creaciones hiperrealistas realizadas para acercar a la sociedad, a través de las exhibiciones, las diferentes formas de los organismos vivos y en algunos casos también el medio en el que habitan. En la fotografía se pueden observar diferentes Artiodáctilos de la Colección de Mamíferos del MNCN, en primer plano un gerenuk –*Litocranius walleri* (Brooke, 1878)– y a su lado, agachado, ejemplar de sitatunga, *Tragelaphus spekii* (Sclater, 1863). Fotografía: Isabel Rey.

animales o del medio natural) y mediatecas (que custodian documentos filmados sobre animales, plantas, ecosistemas o cualquier actividad que rodee la vida).

Denominamos colecciones clásicas a aquellas que custodian especímenes preservados con cualquiera de las técnicas empleadas en las disciplinas que han englobado las colecciones de Historia Natural hasta finales del siglo XX. Históricamente las colecciones zoológicas y botánicas se han organizado en función de los grupos animales y vegetales que conservan y a sus técnicas de preservación. Básicamente los métodos de preservación se encuadran en dos grandes modos: en seco o en fluido.

Las colecciones en seco están constituidas por restos orgánicos de tejidos altamente mineralizados –como por ejemplo el hueso, las conchas o el exoesqueleto de los corales–, o con alto contenido de biopolímeros orgánicos que en contacto con el aire se endurecen o se secan, originando por ejemplo el exoesqueleto de Artrópodos, las capas de protección de las semillas o la estructura de sostén de la madera. En algunos casos, este tipo de conservación requie-

re técnicas específicas de preparación para eliminar, fijar o secar las partes no mineralizadas o no endurecidas que puedan descomponerse. Las pieles de Mamíferos, Aves, Reptiles, Anfibios y Peces se pueden procesar con numerosas técnicas de curtido y se pueden secar bien con forma de huso o planas (para conseguir que ocupen el menor espacio posible, garantizando su finalidad, hacer accesible caracteres morfológicos externos) o bien sobre moldes contruidos de muy variados materiales para intentar recrear el aspecto del animal en vida. Las obras de naturalización o taxidermia son consideradas la manifestación estética de un artista, por la creación hiperrealista proyectada en esos moldes, y por lo tanto se deben mantener sin intervenciones, puesto que no sólo deben ser consideradas como colecciones sino como verdaderas obras de arte.

Las colecciones botánicas están compuestas básicamente por herbarios de plantas secas, semillas o madera (xilotecas o xylarium). Las plantas se secan para evitar su putrefacción y se disponen planas, para optimizar el espacio dedicado a su almacenamiento (LOREA & RIBA, 1990; GOLD *ET AL.*, 2004).

Las colecciones en fluido son aquellas que utilizan como técnicas de preservación diferentes disoluciones de reactivos químicos, componentes orgánicos o inorgánicos disueltos en agua que consiguen fijar y mantener en el tiempo las estructuras celulares e histológicas (WAGSTAFFE & FIDLER, 1955, 1968; ROGERS *ET AL.*, 1989; CALVO, 1994; MARTÍN MATEO, 1994).

3.2.2. Biobancos

El siglo XX descubrió nuevas formas de estudio de los especímenes de las colecciones de Historia Natural, utilizando técnicas de trabajo propias de disciplinas como la Histología, la Inmunología o la Biología molecular. En la década de los 70 estuvieron disponibles las herramientas necesarias para cortar, pegar y copiar el ADN (WATSON & BERRY, 2003). Se descubrieron las enzimas de restricción que pueden cortar la molécula de ADN, las enzimas que pueden ligar fragmentos y la clonación⁹, por la cual se puede insertar un fragmento de ADN determinado en el plásmido de bacterias inocuas, que al reproducirse multiplicará la misma “copia” hasta obtener la suficiente cantidad para su estudio. Pero la conquista más significativa fue el desarrollo de métodos para descifrar la secuencia

⁹ Clonación es el término que se utiliza para definir la técnica explicada, no confundir, pues también se aplica cuando se habla de las técnicas de clonación de animales enteros.

de nucleótidos del ADN (GILBERT & MAXAM, 1973; SANGER & COULSON, 1975; MAXAM & GILBERT, 1977; SANGER *ET AL.*, 1977).

Este hecho, unido al conocimiento de que es en esta molécula donde radica la información de cada individuo y donde se almacenan las diferencias o cambios (mutaciones) que provocan la variabilidad y las diferencias específicas, ha provocado un uso extensivo para intentar dar respuesta a problemas biológicos de Taxonomía (<http://www.barcodeoflife.org/>) y Filogenia (<http://tolweb.org/tree/>) o para intentar observar patrones de microevolución y macroevolución, entre otras muchas aplicaciones. Por otro lado, también es el siglo donde se sistematiza la búsqueda de componentes bioactivos naturales localizados en plantas y animales con interés para la Biotecnología (SUKHWANI, 1995; BHAKUNI & RAWAT, 2005; RAJA *ET AL.*, 2010).

Además, es durante el siglo XX cuando se toma conciencia de la necesidad de proteger el medio, la biodiversidad y, en mayor medida, las especies que garantizan nuestro alimento básico, razón por la cual se han creado bancos de germoplasma o bancos de semillas (<http://www.croptrust.org/content/svalbard-global-seed-vault>). Asimismo, se ha demostrado que numerosos reactivos, aunque fabricados y utilizados con la mejor intención, son altamente perjudiciales para la salud humana o para la vida de determinados ecosistemas, desde el DDT hasta el bisfenol A, al igual que la existencia de otros contaminantes producidos por la sobreexplotación de recursos (minería o residuos químicos). Esta realidad hace necesario el seguimiento de contaminantes químicos y en concreto de contaminantes orgánicos (artículo 16 de la Convención de Estocolmo <http://www.chem.unep.ch/gmn/>) persistentes por medio de bancos medioambientales, como el *German Environmental Specimen Bank* (<http://www.umweltprobenbank.de/en>), el *National Institute for Environmental Studies* de Japón (<http://www.nies.go.jp/>) o el *Environmental Specimen Bank* de Suecia (http://www.nrm.se/english/researchandcollections/researchdivision/contaminantresearch/esb.15057_en.html).

Como se puede observar durante los últimos cuarenta años del siglo pasado han aparecido un tipo de “nuevas colecciones”, denominadas de forma genérica biobancos, colecciones de tejidos, bancos de germoplasma, bancos de recursos genéticos, biorrepositorios, etc. Todos estos términos se han empleado tanto en ciencias biológicas como en disciplinas médicas y esto ha provocado cierta confusión entre los propios investigadores (WATSON & BARNES, 2011) y en la sociedad en general. *A priori*, todas se consideran bajo un mismo paraguas porque conservan tejidos y moléculas orgánicas o inorgánicas básicamente congeladas; pero su finalidad y espectro de posibilidades puede ser muy diferente, desde un

biobanco de sangre de cordón umbilical hasta uno de muestras ambientales, cuya finalidad es localizar contaminantes químicos. Esto implica que las técnicas de conservación, los materiales utilizados y los protocolos de trabajo han de ser diferentes y, ocasionalmente, excluyentes. Además, en muchos casos se han tenido que desarrollar procesos de gestión y mantenimiento para trabajar con dichas muestras. Las colecciones de Historia Natural que han conservado muestras/ejemplares durante decenas de años presentan una importante ventaja, pues la metodología y estandarización de trabajo en gestión y mantenimiento está muy desarrollada y la única diferencia sustancial ha sido el modo de conservación.

Esta confusión del uso del término biobanco también se ha planteado incluso dentro de la *International Society for Biological and Environmental Repositories* (ISBER, <http://www.isber.org/>). Para conocer la opinión de los profesionales que integran este diverso universo se realizó una encuesta (HEWITT & WATSON, 2012) y se obtuvieron tres conclusiones generales: 1) los biobancos incluyen colecciones de muestras humanas y de animales, plantas y microorganismos; 2) para ser considerado como tal, los datos y las muestras de un biobanco deben estar asociados a una base de datos de respaldo, y 3) el trabajo con la colección debe seguir estándares profesionales. Además, se incluyeron recomendaciones para que los diferentes tipos de biobancos fueran definidos por sus áreas de interés, por el tipo de tejido o por la especie, facilitando así que los investigadores y usuarios localicen las muestras biológicas adecuadas para sus necesidades.

Se pueden clasificar en humanos o no humanos (lo cual excluye un gran número de posibilidades) y se podría discernir entre terapéutico o de investigación. Si la finalidad del biobanco es terapéutica (injertos o donaciones) también pueden dividirse en medicina humana o veterinaria, y se pueden clasificar según el tipo de tejido o de muestras (huesos, piel, progenitores hematopoyéticos, córneas, escleróticas, duramadre, paratiroides, membrana amniótica, semen, óvulos, embriones, cordón umbilical, tejido adiposo para obtención de células madre, etc).

Los biobancos no humanos de semen, óvulos, embriones o semillas (denominados genéricamente bancos de germoplasma), se pueden dividir en especies de interés económico (básicamente ganadero, agrícola o de criadores) y en especies amenazadas, por ejemplo el Banco de Germoplasma y Tejidos de Especies Silvestres Amenazadas, BanGES, del MNCN (ROLDÁN *ET AL.*, 2009).

También podemos encontrar biobancos de cultivos (citológicos), de microorganismos (virus, bacterias, Protistas, Algas, Hongos) y ambientales (muestras de tejidos de diferentes organismos frecuentes de medios contaminados o humanos

expuestos a la contaminación, por ejemplo, donde el interés no es el organismo sino los contaminantes acumulados en los tejidos). Por último, podemos citar los biobancos conservados en museos o jardines botánicos para estudios de diferentes disciplinas que estudian la biodiversidad y sus poblaciones.

Nótese que en cualquiera de las frases anteriores la palabra biobanco podría sustituirse por colección y se entendería lo mismo. El término biobanco es un neologismo para dar un mayor interés a lo que se pretende conservar, o tal vez para evitar la confusión con el concepto clásico de colección de museo, o quizás, puede haberse utilizado como un término corto, de origen anglosajón, que se emplea para comprender rápidamente de qué estamos hablando.

3.2.3. Colecciones de tejidos y ADN para el estudio de la biodiversidad

Este tipo de biobancos se han formado para poder conservar muestras de tejidos y extraer moléculas orgánicas o inorgánicas concretas, ya sean proteínas (por ejemplo colágeno o enzimas) o ácidos nucleicos (ADN o ARN) de los especímenes que son conservados por instituciones dedicadas al estudio de la biodiversidad como museos o jardines botánicos; en ellos además se custodian todos los extractos o genomas tanto de organismos actuales como de especímenes antiguos obtenidos por diferentes métodos y, en conjunto, forman un patrimonio genético único que está demostrando ser muy útil para estudios retroactivos de tendencias temporales y una novedosa herramienta en Ecología, Evolución, Taxonomía y Sistemática.

3.2.3.1. RECOPILACIÓN HISTÓRICA

Las colecciones de tejidos para usos moleculares comienzan en los albores del siglo XX, la primera colección de tejidos, concretamente sangre, que se utilizó en relación con los trabajos de Taxonomía y Sistemática característicos de los museos aparece en los trabajos del George H. F. Nuttall (1862-1937) que hizo innovadores descubrimientos en la química de la sangre, en inmunología y acerca de las enfermedades transmitidas por Artrópodos. Nuttall realizó el primer uso de datos genéticos, mucho antes de que la base molecular de la herencia hubiera sido determinada. Obtuvo información sobre relaciones filogenéticas, comparando las características inmunológicas de las proteínas sanguíneas de ciertos Primates, incluidos los humanos, con otros Vertebrados (NUTTALL, 1901a, b; NUTTALL *ET AL.*, 1904). No hay que olvidar que no fue hasta las décadas de los 40 y 50, cuando se comprendió la estructura del ADN y su función en la herencia (con los trabajos de Oswald Avery, Phoebus Levene, Erwin Chargaff, James

Watson o Francis Crick) y en la producción de proteínas (por los trabajos de François Jacob y Jacques Monod), y se admitió que se podría utilizar un enfoque molecular para solucionar filogenias.

Concretamente en *A Further Note on the Biological Test for Blood and its Importance in Zoological Classification* (NUTTALL, 1901a), el autor indica que tiene 140 muestras de sangres ensayadas que derivan de todas las clases de Vertebrados obtenidos de muy diversos países, y anota la necesidad de probar el método en el mayor número posible de Vertebrados (aunque en posteriores trabajos también habla de Invertebrados); y por ello solicita ayuda a cazadores, puesto que la sangre puede ser obtenida de especímenes vivos o muertos. Publicó un método, en su opinión muy sencillo, que consiste en “absorber la sangre (evitando la formación de coágulos) en tiras de papel de filtro puro de aproximadamente tres pulgadas de ancho por cinco pulgadas de largo”. La mención literal del texto resulta fascinante, ya que introduce consideraciones técnicas equiparables a las que se utilizan hoy en día:

“Blood may be collected from dead or living animals. It does not matter which, nor does it have any effect on the test if the animals have been dead as long as twenty-four hours, except in tropical countries. The method is so simple that sportsmen can readily collect samples whilst out shooting.

The method consists in soaking up the blood (avoiding clots) upon strips of pure filter paper about 3 inches wide by 5 inches long.

One end of the strip is left clean, so that the name of the animal (both common and scientific), the date, place (of collection or natural habitat) and name of the collector can be noted thereon in lead pencil. The notes should be written clearly, this being facilitated by resting the paper upon a hard surface. The strips of paper dry rapidly when suspended in the air (sunlight can be used for hastening the drying) by being pinned against the edge of a table, shelf, or upon the branch of a tree. Strips of paper saturated with different bloods should not be brought in contact with one another in a moist state. If the collector is unable to wait for the strips to dry he can place them between sheets of impervious paraffined paper. The whole outfit can be carried in an ordinary envelope; When the strips have dried thoroughly, they may be folded and placed together in an envelope for transmission, at the collector's convenience, as an ordinary letter through the mails. It does not matter if the dried strips have been preserved for a month or two before being sent.

One strip of paper saturated with each kind of blood will suffice for the purposes of the investigation. I shall be happy to forward strips of filter paper, etc., to those who may be interested or willing to collect. Blood samples may be addressed to me as noted.

If it is desired to collect bloods from living animals this can be readily accomplished by pricking the skin with a needle, and soaking up a few drops on different parts of the filter paper."

Ese mismo año (NUTTALL, 1901b), en su artículo titulado *The New Biological Test for Blood in Relation to Zoological Classification*, publicado en *Proceedings of the Royal Society of London*, concluyó que en el futuro podríamos ser capaces incluso de determinar las diferencias químicas entre la sangre de las diversas razas humanas.

"The assumption seems justified that we may, for instance, be able at some future date to determine chemical differences on the blood of the various races of man. We no longer need to rely solely upon morphological characters for the differentiation of species. It impossible to enter into details concerning the nature of the reaction here described; it is a subject for further study. Suffice it to say that it is exceedingly complex, but at same time the most delicate of test known."

Desde finales de los años 20 hasta los años 60, el desarrollo de la Taxonomía serológica se mantuvo en Estados Unidos con los trabajos de Alan A. BOYDEN (1953, 1963, 1969), el cual no sólo comparó especies de Vertebrados sino también de Crustáceos y creó un museo serológico donde pudo aplicar su perspectiva comparativa para entender las relaciones entre las especies (STRASSER, 2010). Para que las colecciones del Museo Serológico de la Universidad de Rutgers crecieran, redactó y publicó instrucciones precisas acerca de cómo recoger la sangre (BOYDEN, 1953; GISLER, 2010). Con esta acción se vivió un cambio decisivo en la historia de las ciencias biológicas, ampliándose hacia el nivel molecular, y su colección se reconoce como la primera colección de tejidos desnaturalizados organizada formalmente (DESSAUER & HAFNER, 1984).

Los trabajos sobre Evolución y Sistemática molecular fueron continuados por Morris Goodman utilizando las propiedades inmunológicas de las hemoglobinas por medio de una técnica conocida como inmunodifusión (GOODMAN *ET AL.*, 1975).

Durante las décadas de los 70 y 80 del siglo pasado se coleccionaron muestras de animales y vegetales para realizar estudios de Taxonomía y dilucidar relaciones filogenéticas entre diferentes grupos por medio de técnicas como la electroforesis de isoenzimas (SELANDER, 1970; AYALA *ET AL.*, 1972; NEVO, 1978) e hibridación ADN-ADN (SIBLEY & AHLQUIST, 1982, 1984; SIBLEY *ET AL.*, 1988); y también se recogieron muestras de tejido adiposo para estudios ecológicos y fisiológicos (KALABUKHOV, 1978).

Fuera del ámbito de los museos, desde el año 1961 se ha formado una enorme colección de sangre, conservada en las denominadas *Tarjetas Guthrie*. A principios de 1960 Robert Guthrie introdujo en los Estados Unidos la primera prueba neonatal para detectar la fenilcetonuria, una enfermedad progresiva y fatal para los niños pequeños (GONZÁLEZ & WILLIS, 2009). El programa nacional del Reino Unido para realizar esta prueba a todos los recién nacidos se introdujo en 1969, y fue continuado en 1981 por otro similar para detectar el hipotiroidismo congénito con una sola muestra de sangre recogida por punción del talón del bebé entre los 6 y los 14 días de edad. Todas estas muestras se almacenan, generalmente secas, en un papel de filtro especial (DEZATEUX, 1998) y en la actualidad han sido utilizadas para extraer ADN (MAKOWSKI *ET AL.*, 1995, 1996, 1997; CAGGANA *ET AL.*, 1998; DEZATEUX, 1998; WONG *ET AL.*, 2008). Es interesante rescatar esta información puesto que, en la actualidad, uno de los métodos más utilizados para conservar muestras sigue siendo las manchas de sangre sobre papel de filtro (método eficaz, económico, fácil de obtener, transportar y conservar), la misma técnica utilizada ya por Nuttall, hace más de un siglo. Ahora el papel de filtro que se utiliza está bajo patente y tiene nombre comercial *FTA Cards-Whatman* (SMITH & BURGOYNE, 2004).

La investigación basada en ácidos nucleicos alcanzó todas las disciplinas, incluidas algunas clásicas como la Taxonomía y la Filogenia, cobijadas en gran medida en los museos de Historia Natural (DESSAUER & HAFNER, 1984; BARROWCLOUGH, 1985; DESSAUER *ET AL.*, 1990; SHERWIN, 1991; BAKER, 1994; THOMAS, 1994; SHELDON & DITTMANN, 1997). Estas nuevas colecciones, mantenidas principalmente congeladas, se han consolidado como una importante infraestructura científica en los albores del siglo XXI (PRENDINI *ET AL.*, 2002; SAVOLAINEN & CHASE, 2006). Por poner un ejemplo concreto podemos fijarnos en la nueva Colección de Tejidos y ADN del MNCN (REY & DORDA, 2006), véase apartado 3.2.3.3.

3.2.3.2. BIOBANCOS DE BIODIVERSIDAD EN EL MUNDO Y EN ESPAÑA

Son numerosos las colecciones de tejidos y ADN dedicados a la conservación de la biodiversidad que podemos encontrar hoy en día tanto en el mundo como en España por lo que se ha realizado una relación pormenorizada de ellos que recoge el nombre de la institución que los mantiene y su dirección URL (APÉNDICE II).

3.2.3.3. LA COLECCIÓN DEL MNCN

La Colección de Tejidos y ADN del MNCN (CSIC) comenzó a gestarse en el año 2000 y actualmente consta de más de 250.000 muestras conservadas mediante diferentes métodos, según el modo de colecta y como medida de segu-



Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. Fotografía: Isabel Rey.

ridad (congeladas, en fluido o liofilizadas); esas muestras son básicamente empleadas para estudios taxonómicos y filogenéticos, de genética de poblaciones y conservación, de ecología evolutiva y del comportamiento.

En el año 2000, a iniciativa de Montserrat Gomendio e Ignacio de la Riva, directora y vicedirector de investigación en aquel entonces, se constituye el Banco de Recursos Genéticos. En el año 2002, el nuevo director, Alfonso Navas, con Miguel Ángel López Barba como gerente, apoyaron la iniciativa de la dirección anterior y dicho banco genético se consolidó como una auténtica colección más dentro del MNCN, se integró en la Vicedirección de Colecciones y pasó a denominarse Colección de Tejidos y ADN, nombre que mantiene en la actualidad. Desde entonces la colección se ha hecho realidad gracias, por un lado, al empeño y profesionalidad del personal técnico que le fue asignado en su momento; por otro, a la aportación económica del CSIC y, en tercer lugar, a la colaboración de investigadores del MNCN, quienes, además de incrementar los fondos de la misma con sus colectas, participaron en la solicitud de financiación (a través de Acciones Especiales o Complementarias de la Dirección General de Investigación

del antiguo Ministerio de Educación y Ciencia) para complementar el presupuesto necesario para su consolidación. En la actualidad se estima que está compuesta por más de 250.000 muestras de tejidos animales y de ADN, con 84.000 muestras catalogadas, pertenecientes a más de 57.000 especímenes y más de 4.900 especies de Vertebrados e Invertebrados. Informatizar, ordenar y ubicar las muestras para evitar su deterioro o menoscabo, así como pérdidas de información, supone una ardua tarea diaria y una carrera contra el tiempo.

La mayor parte de las muestras con las que se constituyó la colección procedían de distintos proyectos de investigación dedicados a Sistemática molecular y Genética de poblaciones, realizados en las últimas décadas del siglo XX (desde mediados de los años 80), que utilizaron diversos tejidos de diferentes especies de Vertebrados e Invertebrados, que fueron acumulándose en congeladores. No conocemos cuántas muestras se obtuvieron durante este tiempo, pero estimamos que podría haber más de 40.000 tubos que contenían tejidos completos, homogeneizados de proteínas y ADN de más de 1.000 especies animales recolectadas en España y algunos países de Europa y Sudamérica, principalmente.

En la actualidad, gran parte del material que constituye la colección se obtiene mediante recolección o donación de especímenes utilizados en proyectos de investigación molecular, tanto de investigadores internos como externos al MNCN. También se ingresa material procedente de donaciones de centros de recuperación de fauna amenazada, de zoológicos y de consejerías de medio ambiente de diferentes comunidades autónomas.

Estimamos que el volumen medio anual de donaciones que recibe esta colección es de 3.000 especímenes. Hay que hacer hincapié que muchos de estos tejidos han sido obtenidos bajo autorización expresa de los organismos de conservación correspondientes o autoridad CITES, puesto que pertenecen a especies en peligro de extinción o con problemas de conservación, en cumplimiento de la legalidad vigente.

Por último, aunque en no menor medida, hay que mencionar las muestras obtenidas de los especímenes antiguos de colecciones clásicas. En la actualidad existen técnicas para extraer y amplificar ADN antiguo (*ancient DNA*) proveniente de ejemplares de hasta 200 años de antigüedad conservados en colecciones de Historia Natural, e incluso de ejemplares fósiles (WANDELER *ET AL.*, 2007). Dichas muestras añaden un increíble valor científico tanto a las colecciones moleculares como a las colecciones clásicas, revalorizándolas.

Como todas las colecciones científicas, el interés de la colección se centra no sólo en la preservación del material a corto plazo sino también en su conser-

vación en el tiempo y en la gestión de su información con el objetivo de maximizar su uso y ampliar y facilitar el acceso a la misma a toda la comunidad científica, puesto que son muchas las disciplinas a las que puede dar servicio. A día de hoy se han prestado más de 12.000 muestras, con las que se han obtenido secuencias de ADN que se han depositado en bancos de secuencias como *Genbank* (NCBI) y se encuentran citadas al menos en más de 100 publicaciones científicas, incluidas las realizadas por el equipo de la colección (CAMACHO *ET AL.*, 2002, 2011, 2012, 2013a, b, 2014; REY *ET AL.*, 2004; SAN MAURO *ET AL.*, 2004; ALBERT *ET AL.*, 2009; GAUBERT *ET AL.*, 2009; PADIAL *ET AL.*, 2009; PONS *ET AL.*, 2011; FITZE *ET AL.*, 2012; GOICOECHEA *ET AL.*, 2012; AGORRETA *ET AL.*, 2013; DELICADO *ET AL.*, 2013).

La participación en proyectos europeos, como SYNTHESYS y EDIT, ha servido para homogeneizar y estandarizar los métodos de trabajo y comprobar que el nivel de calidad de la colección está en consonancia con otras europeas semejantes. Además, se han impartido cursos de técnicas moleculares y de conservación de colecciones para facilitar la transferencia de conocimientos, tanto para personal del MNCN, del CSIC o externo y a nivel nacional e internacional. Asimismo, la colección colabora con las autoridades de protección del medio ambiente y con las autoridades administrativas que controlan el comercio de especies en peligro de extinción o vulnerables, emitiendo informes técnicos y peritajes de identificación.



4. LEGISLACIÓN

*La valeur d'une civilisation se mesure à ce qu'elle sait
non créer, mais entretenir.*

Eduard Herriot

La iguana de bandas de Fiyi, *Brachylophus fasciatus* (Brongniart, 1800), es una especie "en peligro de extinción" (categoría de conservación de la IUCN) y para evitar su comercio fue incluida en el Apéndice I de CITES desde el 6 de junio de 1981. Fotografía: Antonio Galilea.

Los museos de Ciencias Naturales tienen la obligación de adquirir, custodiar y conservar los especímenes de sus colecciones y facilitar su uso para la investigación, garantizando un acceso justo y una distribución de beneficios a la sociedad. Sus responsables, como en todas las actividades profesionales, deben asumir un código deontológico, que compendie un conjunto de deberes y obligaciones establecidos en las leyes, normas particulares del organismo al que están vinculados, además de un legado de valores compartidos por los miembros de su colectivo y de la comunidad científica, en general. En la actualidad, la legislación involucrada en este tipo de conservación es amplia y muy diversa, pues tiene competencias en numerosas y muy diferentes tareas y el hecho de no prestar atención a dichas directrices puede ser perjudicial para la biodiversidad y puede afectar a la salud humana.

La recolección, procesado, conservación y uso de especímenes o muestras biológicas para investigación está regulada por una serie de convenios internacionales y legislación nacional e internacional que son de obligado cumplimiento. Por esta razón, tanto si los ejemplares son recolectados por la propia colección, como si son adquiridos por medio de donación, deben ajustarse a la normativa y se debe comprobar, entre otros aspectos, que tales colectas disponen de los permisos correspondientes a la protección del medio ambiente y diversidad biológica a escala local, regional, nacional o internacional; esta comprobación es necesaria, también, con los permisos de exportación e importación desde los países de origen al del repositorio. Además, no se deben olvidar los preceptivos permisos internacionales y nacionales que hayan tenido que ser cumplimentados en relación con la protección sanitaria veterinaria o fitopatológica. En lo que se refiere a las tareas de procesado, conservación y uso existe legislación (nacional e internacional) que tiene que ver con la prevención de riesgos laborales, así como una serie de reglamentos sobre normas de seguridad alimentaria, salud humana y bienestar animal.

Los grandes marcos en los que se debe encuadrar el trabajo de conservación de las colecciones de Historia Natural son los que referimos a continuación.

- La declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos de la UNESCO (33ª sesión de la Conferencia General de la UNESCO, el 19 de octubre de 2005) en su artículo 2 reconoce como objetivos *“la importancia de la libertad de investigación científica y las repercusiones beneficiosas del desarrollo científico y tecnológico, destacando al mismo tiempo la necesidad de que esa*

investigación y los consiguientes adelantos se realicen en el marco de los principios éticos enunciados en esta Declaración y respeten la dignidad humana, los derechos humanos y las libertades fundamentales; y además fomentar el dialogo multidisciplinario y pluralista sobre las cuestiones de bioética entre todas las partes interesadas y dentro de la sociedad en su conjunto” (http://portal.unesco.org/shs/fr/files/9695/11501239971Brochure_UNESCO_SP.pdf/Brochure+UNESCO_SP.pdf).

- La Ley 14/2011, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación expone en su preámbulo que la generación de conocimiento en todos los ámbitos, su difusión y su aplicación para la obtención de un beneficio social o económico, son actividades esenciales para el progreso de la sociedad española, cuyo desarrollo ha sido clave para la convergencia económica y social de España en el entorno internacional. (BOE núm. 131 de 02 de Junio de 2011).
- El código de deontología profesional del Consejo Internacional de Museos (ICOM) para los museos constituye una norma básica (ICOM, 1986, 2006, 2013a) y presenta una serie de principios y directrices sobre las prácticas profesionales que deben cumplir los conservadores de museos; este marco general tiene disposiciones éticas adicionales para Museos de Historia Natural (ICOM, 2013b).
- El artículo 46 de la Constitución Española dice que *“los poderes públicos garantizarán la conservación y promoverán el enriquecimiento del patrimonio histórico, cultural y artístico de los pueblos de España y de los bienes que lo integran, cualquiera que sea su régimen jurídico y su titularidad. La ley penal sancionará los atentados contra este patrimonio”* (BOE núm. 311, de 29 de diciembre de 1978).
- La Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español (BOE de 29 de junio de 1985), que protege los especímenes conservados, entre otros por los Museos, establece en su preámbulo *“El Patrimonio Histórico Español es el principal testigo de la contribución histórica de los españoles a la civilización universal...”* y *“consagra una nueva definición de Patrimonio Histórico y amplía notablemente su extensión”*, buscando, *“asegurar la protección y fomentar la cultura material debida a la acción del hombre en sentido amplio, y concibe, aquélla como un conjunto de bienes que en sí*

mismos han de ser apreciados, sin establecer limitaciones derivadas de su propiedad, uso, antigüedad o valor económico”.

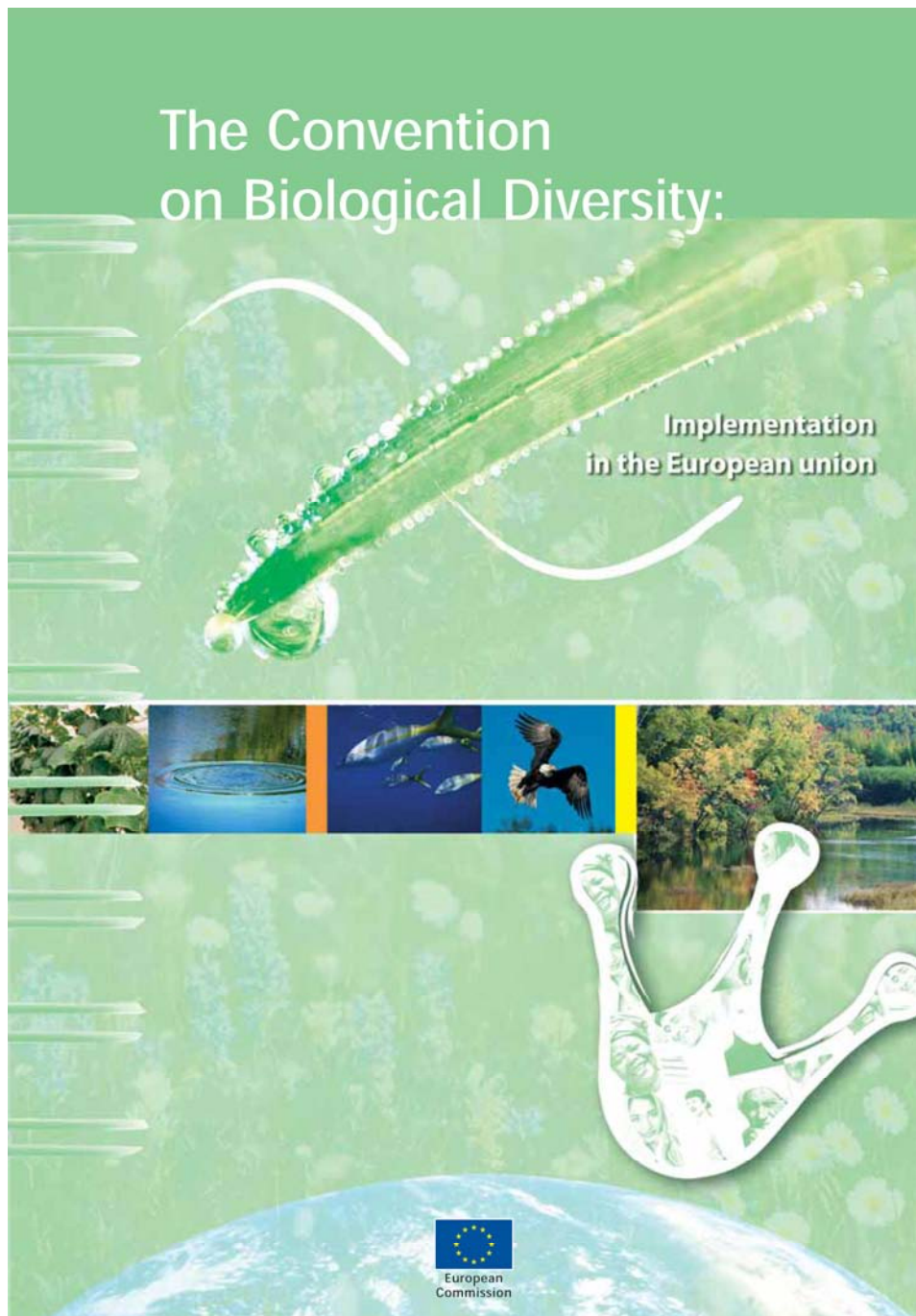
A continuación se relacionan los convenios, leyes y documentos, que circunscriben las diferentes actividades necesarias para el funcionamiento de las colecciones de Historia Natural y por ende a las colecciones científicas de biodiversidad. En nuestra revisión nos ha parecido importante destacar y comentar los aspectos relacionados con la conservación del patrimonio genético, para poder obtener una guía orientativa actual para la actividad diaria de los profesionales de esta disciplina.

4.1. CONVENIO DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA (CBD)

Durante la segunda mitad del siglo XX, se reconoció en el ámbito internacional una importante pérdida de biodiversidad, cientos de especies estaban desapareciendo por la actividad humana y todas ellas forman parte del equilibrio de diferentes ecosistemas, por lo que su pérdida podría ocasionar desajustes muy importantes en los mismos. Por lo tanto, se reconoció que los recursos biológicos de la Tierra tienen un valor único para la supervivencia actual y futura de los seres humanos y que la diversidad biológica es un bien mundial que debe ser protegido, tanto a nivel de especies como de ecosistemas. Numerosos autores plantearon que el desarrollo económico y social de la humanidad se debe producir de un modo que se denominó desarrollo sostenible (BRUNDLANDT, 1987).

Como consecuencia de ello, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), convocó en noviembre de 1988 a un Grupo de Expertos sobre biodiversidad para sondear la posibilidad de establecer un convenio internacional sobre la diversidad biológica (<http://www.cbd.int/history>).

En mayo de 1989, el PNUMA estableció el Grupo de Trabajo *ad hoc* de expertos jurídicos y técnicos dedicado a preparar un instrumento jurídico internacional para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica. Los expertos tomaron en consideración “*la necesidad de compartir los costos y los beneficios entre los países desarrollados y los países en desarrollo*”, así como “*los medios y la modalidad para apoyar las innovaciones de las comunidades locales*”. El 22 de mayo de 1992, en la Conferencia de Nairobi, se culminaron los trabajos y se aprobó el texto de lo que se denominó: Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD).



Convenio de Diversidad Biológica (CBD).

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (a la que se llamó Cumbre para la Tierra), que tuvo lugar del 3 al 14 de junio de 1992 en Río de Janeiro, aprobó el Convenio¹ propuesto por el PNUMA y estableció un periodo para la firma por los estados, que se saldó –a cabo de un año– con la rúbrica por parte de 168 países. El convenio entró en vigor el 29 de diciembre de 1993, y fue ratificado por 30 países, incluida la Unión Europea (UE). En la actualidad ha sido ratificado por 193 países en diferentes fechas y a día de hoy, sólo hay 4 países que todavía no lo han hecho, Andorra, Estados Unidos de América, Santa Sede y Sudán del Sur.

Este convenio² es un instrumento global que tiene tres objetivos principales:

1. La conservación de la diversidad biológica.
2. La utilización sostenible de los componentes de la diversidad biológica.
3. La participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.

En el artículo 2 se definen los términos utilizados en el texto; a continuación incluimos los más usados en el mundo de la conservación del patrimonio genético (es de interés hacerlo para homogeneizar el significado de dichos términos):

“conservación ex situ”: la conservación de componentes de la diversidad biológica fuera de sus hábitats naturales.

“conservación in situ”: la conservación de los ecosistemas y los hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y, en el caso de las especies domesticadas y cultivadas, en los entornos en que hayan desarrollado sus propiedades específicas.

¹ Los acuerdos internacionales de medio ambiente, como el CBD, son ratificados tanto por la Comunidad Europea (CE) –que es una organización de integración económica regional con personalidad jurídica– como por sus Estados miembros. Actuando conjuntamente, la Comunidad Europea y sus Estados miembros forman la entidad política denominada Unión Europea (UE). La mayoría de las leyes de la UE tienen que ser adoptadas tanto por el Consejo de Ministros, que representa a los gobiernos de los 25 Estados miembros, como por el Parlamento Europeo, cuyos 732 miembros son elegidos directamente por los ciudadanos de la UE (EUROPEAN COMMISSION, 2006). Decisión 93/626/CEE con fecha 25.10.1993 del Diario Oficial (DO) L 309 de 13.12.1993 y Rectificación DO L 82 de 25.3.1994.

² El texto íntegro del convenio se encuentra en <http://www.cbd.int/convention/text/default.shtml> y una síntesis de interés para las competencias de los Museos y biobancos en http://europa.eu/legislation_summaries/development/sectoral_development_policies/l28102_es.htm.

“diversidad biológica”: la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y en los ecosistemas.

“material genético”: todo material de origen vegetal, animal, microbiano o de otro tipo que contenga unidades funcionales de la herencia.

“país de origen de recursos genéticos”: el país que posee esos recursos genéticos en condiciones *in situ*.

“país que aporta recursos genéticos”: el país que suministra recursos genéticos obtenidos de fuentes *in situ*, incluidas las poblaciones de especies silvestres y domesticadas, o de fuentes *ex situ*, que pueden tener o no su origen en ese país.

“recursos biológicos”: los recursos genéticos, los organismos o partes de ellos, las poblaciones, o cualquier otro tipo del componente biótico de los ecosistemas de valor o utilidad real o potencial para la humanidad.

“utilización sostenible”: la utilización de componentes de la diversidad biológica de un modo y a un ritmo que no ocasione la disminución a largo plazo de la diversidad biológica, con lo cual se mantienen las posibilidades de ésta de satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones actuales y futuras.

Además, en el artículo 2 del texto del Protocolo de Nagoya (del que se hablará más adelante) se incluye un nuevo término:

“utilización de recursos genéticos”: la realización de actividades de investigación y desarrollo sobre la composición genética y/o composición bioquímica de los recursos genéticos, incluyendo la aplicación de biotecnología conforme a la definición que se estipula en el artículo 2 del Convenio.

Otros artículos relevantes para las colecciones de Historia Natural, los biorrepositorios o la conservación del patrimonio genético son:

El Artículo 3, que recoge el siguiente texto: “De conformidad con la Carta de las Naciones Unidas y con los principios del Derecho internacional, los Estados tienen el **derecho soberano** de explotar sus propios recursos en aplicación de su propia política ambiental y la obligación de asegurar que las actividades que se lleven a cabo dentro de su jurisdicción o bajo su control no perjudiquen al medio de otros Estados o de zonas situadas fuera de toda jurisdicción nacional”. Este



Especies de animales y plantas son objeto de diferentes medidas de conservación. A la izquierda ejemplar de Kea (*Nestor notabilis* Gould, 1856), Psittaciforme de Nueva Zelanda. A la derecha, *Euphorbia milii* Des Moul., Euphorbiaceae malgache. Fotos: Antonio Galilea.

artículo es de vital importancia desde el punto de vista de los muestreos, pues otorga la propiedad de los recursos naturales al país que los contiene para evitar, por ejemplo, expolios históricos de países desarrollados.

El Artículo 9, que se refiere a la “Conservación *ex situ*”, determina en su punto d que se “Reglamentará y gestionará la recolección de recursos biológicos de los hábitats naturales a efectos de conservación *ex situ*, con objeto de no amenazar los ecosistemas ni las poblaciones *in situ* de las especies, salvo cuando se requieran medidas *ex situ* temporales especiales conforme al apartado c) de este artículo”.

El Artículo 15, denominado “Acceso a los recursos genéticos”, se refiere a los términos y condiciones de acceso a estos recursos y a la distribución de beneficios. Reconocida la soberanía de los Estados sobre sus recursos naturales, se establece que el acceso a estos recursos estará sujeto al **consentimiento fundamentado previo** (siguiendo la terminología inglesa³ Prior Informed Consent,

³ Se ha preferido usar los acrónimos en inglés, que están suficientemente consolidados y evitan la confusión entre siglas de diversos idiomas. Más información en el APÉNDICE I.

PIC) de la Parte Contratante que aporta esos recursos. También establece que el acceso se basa en **condiciones mutuamente acordadas** (Mutually agreed terms, MAT) para asegurar la distribución de beneficios derivados de la utilización comercial o de otra índole de estos recursos genéticos con la Parte Contratante que aporta esos recursos.

Es interesante resaltar –en este artículo 15– los siguientes puntos (1, 3, 4 y 5):

1. *En reconocimiento de los derechos soberanos de los Estados sobre sus recursos naturales, la facultad de regular el acceso a los recursos genéticos incumbe a los gobiernos nacionales y está sometida a la legislación nacional.*
3. *A los efectos del presente Convenio, los recursos genéticos suministrados por una Parte Contratante a los que se refieren este artículo y los artículos 16 y 19 son únicamente los suministrados por Partes Contratantes que son países de origen de esos recursos o por las Partes que hayan adquirido los recursos genéticos de conformidad con el presente Convenio.*
4. *Cuando se conceda acceso, éste será en condiciones mutuamente convenidas y estará sometido a lo dispuesto en el presente artículo.*
5. *El acceso a los recursos genéticos estará sometido al consentimiento fundamentado previo de la Parte Contratante que proporciona los recursos, a menos que esa Parte decida otra cosa.*

En el Artículo 17 se menciona el “*Intercambio de información*” como uno de los posibles beneficios que puede recibir la parte que aporta los recursos.

1. Las Partes Contratantes facilitarán el intercambio de la información pertinente de todas las fuentes públicamente disponibles para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo en cuenta las necesidades especiales de los países en desarrollo.
2. Ese intercambio de información incluirá el intercambio de los resultados de las investigaciones técnicas, científicas y socioeconómicas, así como información sobre programas de capacitación y de estudio, conocimientos especializados, conocimientos autóctonos y tradicionales, por sí solos y en combinación con las tecnologías mencionadas en el párrafo 1 del artículo 16. También incluirá, cuando sea viable, la repatriación de la información.

El órgano rector del Convenio es la denominada “Conferencia de las Partes” (COP) que promueve la aplicación del Convenio a través de las decisiones que

se adoptan en sus reuniones periódicas. La primera reunión de la Conferencia de las Partes tuvo lugar del 28 de noviembre al 9 de diciembre de 1994 en Bahamas. Este órgano puede adoptar acuerdos suplementarios al texto del Convenio que se han denominado Protocolos, como se puede leer en su Artículo 28, Adopción de protocolos, donde en el punto 1 se indica: “*las Partes Contratantes cooperarán en la formulación y adopción de protocolos del presente Convenio*”. Aunque el Convenio entró en vigor a finales de 1993, no fue hasta 1999 cuando se comenzó la puesta en práctica de sus disposiciones.

4.1.1. Directrices de Bonn

La Conferencia de las Partes en su sexta reunión, celebrada en La Haya en abril de 2002, aprobó con algunas modificaciones el borrador del primer documento orientativo sobre cómo proceder y qué pautas seguir para cumplir con las disposiciones de algunos de los artículos, al que se denominó Directrices de Bonn (por la localidad donde se elaboró en la reunión intergubernamental celebrada en octubre de 2001) sobre Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios Provenientes de su Utilización (*Bonn Guidelines on Access to Genetic Resources and Fair and Equitable Sharing of the Benefits Arising out of their Utilization*, de forma resumida *Access and Benefit-sharing* o ABS)⁴.

Dichas directrices, de carácter voluntario, se prepararon para proporcionar orientación en la redacción de las medidas legislativas, administrativas o políticas –concretamente las relativas a los artículos 8 j), 10 c), 15, 16 y 19 del CBD– y los contratos y otros arreglos, en virtud de condiciones mutuamente convenidas para el acceso y la participación en los beneficios. El espíritu de las directrices pretendía facilitar un uso sencillo, práctico, transparente y no arbitrario de la normativa.

Los puntos II y III definen las funciones y responsabilidades de los Estados para garantizar el acceso y la participación en los beneficios. El punto IV detalla los pasos a seguir:

- A. Estrategia general
- B. Identificación de las etapas
- C. Consentimiento fundamentado previo (PIC)
- D. Condiciones mutuamente acordadas (MAT)

⁴ El lector interesado puede consultar este documento en <http://www.cbd.int/doc/publications/cbd-bonn-gdls-en.pdf>



Secretariat of the
Convention on
Biological Diversity

**Bonn Guidelines on
Access to Genetic
Resources and Fair and
Equitable Sharing of the
Benefits Arising out of
their Utilization**



Directrices de Bonn.

El PIC es la autorización oficial del Estado, como soberano sobre los recursos genéticos, para el acceso a los mismos (LAGO CANDEIRA, 2011). Para establecer el PIC (que hace referencia al párrafo 5 del artículo 15 del CBD), se señalan unos principios básicos, que deben ser conformes con la legislación nacional de cada país, y se reconocen elementos como: las autoridades competentes, los plazos, las especificaciones de uso, los procedimientos y el proceso en sí. Cabe destacar que expresamente se indica la característica especial que se debería dar a los estudios científicos, “...tomarse en consideración las necesidades específicas de investigación taxonómica y sistemática, según lo especificado por la Iniciativa Mundial sobre Taxonomía”.

Una vez que se obtiene el consentimiento del país de origen, o país que aporta recursos genéticos, se formaliza la negociación con un contrato en el que se plasma la relación entre las partes y que se denomina condiciones mutuamente acordadas (MAT). Esta premisa hace referencia al párrafo 7 del artículo 15 del CBD y precisa unos requisitos básicos, entre los que se encuentran acuerdos de transferencia de materiales (*Material Transfer Agreements*, MTA) y se enumeran condiciones ordinarias como las que aparecen en el siguiente listado:

- a) *Tipo y cantidad de los recursos genéticos, y zona geográfica/ecológica de actividad;*
- b) *Limitaciones sobre el uso posible de los materiales*
- c) *Reconocimiento de los derechos soberanos del país de origen*
- d) *Creación de capacidad en diversas esferas que constarán en el acuerdo*
- e) *Una cláusula estipulando si pueden negociarse nuevamente las condiciones del acuerdo en determinadas circunstancias (p. ej., cambios de utilización)*
- f) *Condiciones para que los recursos genéticos puedan transferirse a terceras Partes, por ejemplo, si han de transmitirse o no los recursos genéticos a terceras partes sin asegurarse de que estas terceras partes conciertan acuerdos similares, **excepto para investigación taxonómica y sistemática que no esté relacionada con la comercialización***
- g) *Disposiciones sobre el respeto, preservación y mantenimiento de los conocimientos, innovaciones y prácticas de las comunidades indígenas y locales, la protección y fomento del uso consuetudinario de los recursos biológicos de conformidad con las prácticas tradicionales*
- h) *Tratamiento de la información confidencial*
- i) *Disposiciones relativas a la participación en los beneficios derivados de la utilización comercial y de otra índole de los recursos genéticos y sus derivados y productos.*

Por último, se explicitan las cuestiones que deben ser tenidas en cuenta al establecer la participación en los beneficios, como por ejemplo, tipos de beneficios, plazos de duración, tipo de distribución y mecanismos de participación.

Estas directrices incluyen 2 apéndices de especial interés. En el Apéndice I de dicho documento se indican los elementos propuestos para los acuerdos de transferencia de material (MTA); la página web del CBD proporciona ejemplos concretos y modelos de MTA (véase <http://www.cbd.int/abs/resources/contracts.shtml>), además de información acerca de las medidas adoptadas por 57 países en relación con su implementación, que pueden resultar útiles como modelo. Incluye, también, estrategias nacionales o regionales, políticas, leyes o reglamentos y se puede consultar en <http://www.cbd.int/abs/measures/default.shtml>. En el APÉNDICE III de esta Memoria se incluyen ejemplos de materiales y acuerdos establecidos por la Universidad de Costa Rica, del Serviço Público Federal de Brasil, del Royal Botanic Gardens, Kew y del Banco de ADN de la Flora de Canarias.

En su Apéndice II se proponen posibles beneficios monetarios y no monetarios. Los beneficios no monetarios pueden incluir, pero no limitarse a:

- a) *Compartir los resultados de la investigación y el desarrollo;*
- b) *Colaboración, cooperación y contribución en programas de investigación científica y de desarrollo, particularmente actividades de investigación biotecnológica, de ser posible en el país proveedor;*
- c) *La participación en el desarrollo de productos;*
- d) *Colaboración, cooperación y contribución en formación y capacitación;*
- e) *Admisión a las instalaciones ex situ de recursos genéticos y a sus bases de datos;*
- f) *Transferencia al proveedor de los recursos genéticos, conocimientos y tecnología en términos justos y más favorables, en particular, conocimientos y tecnología que hacen uso de los recursos genéticos, incluida la biotecnología, o que son pertinentes para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica;*
- g) *Fortalecimiento de las capacidades para transferencia de tecnología a las Partes usuarias que son países en desarrollo y con economías en transición, y desarrollo de la tecnología en el país de origen que proporciona los recursos genéticos. Asimismo, ayudar a las capacidades de las comunidades indígenas y locales en cuanto a conservar y utilizar de forma sostenible sus recursos genéticos;*
- h) *Creación de la capacidad institucional;*



A la izquierda, herbácea de la familia Apocynaceae conocida como hierba doncella (*Vinca major* L.); de las especies de este género se obtienen compuestos bioactivos como la vincristina y la vinblastina, que se usan como agentes quimioterapéuticos; a la derecha, tejo común europeo (*Taxus baccata* L.), que pertenece a un género de Taxaceae del cual se obtiene Paclitaxel (Taxol), utilizado en el tratamiento de cáncer de ovario y de mama. Fotografías: Isabel Rey.

- i) *Recursos humanos y materiales para fortalecer las capacidades del personal responsable de la administración y de la imposición de la reglamentación de acceso;*
- j) *Capacitación relacionada con los recursos genéticos con plena intervención de las Partes proveedoras y, de ser posible, en tales Partes;*
- k) *Acceso a la información científica pertinente a la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, incluidos los inventarios biológicos y los estudios taxonómicos;*
- l) *Contribuciones a la economía local;*
- m) *Investigación dirigida a necesidades prioritarias tales como la seguridad de la salud humana y de los alimentos, teniendo en cuenta los usos nacionales de los recursos genéticos en los países proveedores;*
- n) *Relación institucional y profesional que puede dimanar de un acuerdo de acceso y participación en los beneficios y de las actividades subsiguientes de colaboración;*
- o) *Beneficios de seguridad de los alimentos y los medios de vida;*
- p) *Reconocimiento social*
- q) *Propiedad conjunta de derechos de propiedad intelectual pertinentes.*

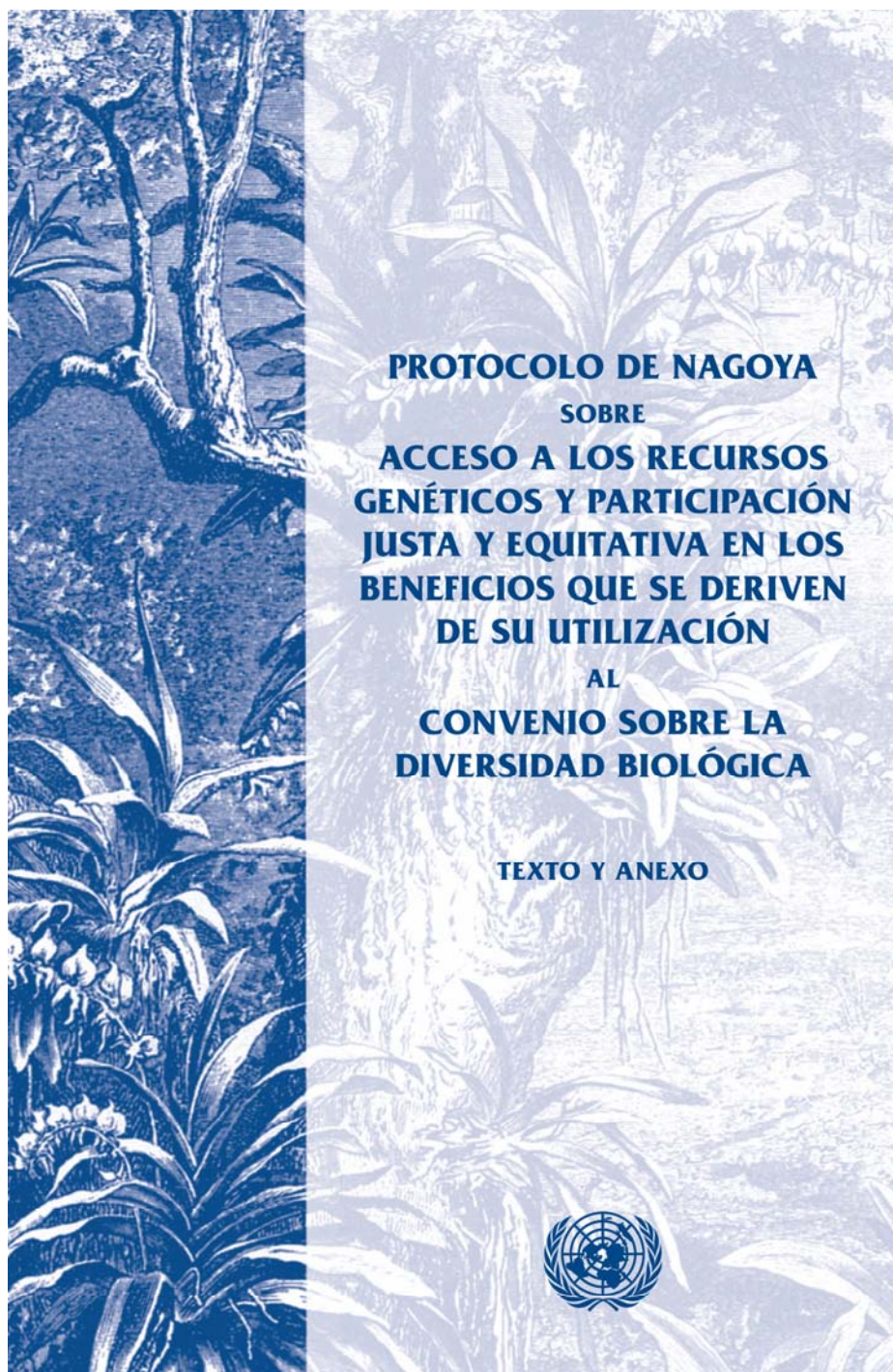
Respecto al uso de los recursos genéticos para estudios de Taxonomía y Filogenia, y en relación con la participación justa y equitativa en los beneficios, hay que mencionar que hasta ahora habitualmente los acuerdos no son económicos y sólo implican colaboración en forma de trabajo conjunto, acceso a información o formación técnica; pero pueden implicar acuerdos económicos, cuando se correspondan derechos de autor. En relación al trabajo de campo, se pueden compartir conocimientos y experiencia tales como protocolos de colecta, preparación o preservación de muestras y programas de reproducción o de reintroducción de especies; también puede haber intercambio de personal técnico, herramientas, equipos y material fungible para mejorar las colecciones nacionales o apoyar la economía local. En relación a la investigación, se pueden realizar publicaciones conjuntas, citar las fuentes del material, enviar copias y compartir imágenes e información de especímenes. Como ejemplos de apoyo a la educación se pueden realizar talleres de trabajo a distintos niveles de enseñanza, que incluyen desde la realización de programas de postgrado a la confección de material didáctico.

La COP, en su reunión en Yakarta en 1995, se hizo eco de las advertencias de los comités anteriores para exponer los problemas del futuro de la Taxonomía (EVENHUIS, 2007). Las lagunas en el conocimiento taxonómico y la escasez de taxónomos competentes para identificar y nombrar a la biodiversidad todavía pendiente de describir, condujeron a que se definiera el denominado “impedimento taxonómico”. En 1996 Elaine Hoagland (director ejecutivo de la Association of Systematics Collections (ASC) puso de relieve el término en su libro blanco sobre el tema (<http://flyaqis.mov.vic.gov.au/chaec/taximp.html>). Este trabajo originó un coro de respuestas de taxónomos, así como discusiones posteriores que definieron los métodos por los que se podría resolver el problema (WHEELER *ET AL.*, 2004; CARVALHO *ET AL.*, 2007; LA SALLE *ET AL.*, 2009). La identificación de animales bien conocidos, como los grandes Vertebrados, puede ser sencilla; sin embargo, la mayoría de los organismos requieren conocimientos de expertos para su identificación correcta; además, una enorme proporción de ellos aún no se han clasificado o no se les ha asignado nombre científico formal. Existen proyectos internacionales, como La Iniciativa Mundial sobre Taxonomía (IMT, <http://www.cbd.int/gti/>), cuyos objetivos son la valoración de necesidades taxonómicas, la difusión de la información, la formación y capacitación en esas disciplinas y la creación de puntos focales nacionales (National Focal Points NFPs); o el *Consortium for the Barcode of Life* (CBOL), que intenta crear un estándar global para la identificación de especies. Estas son las razones que justifican que las mencionadas tareas se reconozcan como excepciones en la filosofía del CBD.



Las lagunas en el conocimiento taxonómico y la escasez de taxónomos competentes para identificar y nombrar a la biodiversidad todavía pendiente de describir, condujeron a que se definiera el denominado “impedimento taxonómico”. La mayoría de los organismos requieren conocimientos de expertos para su identificación correcta, además esta dificultad depende del grupo taxonómico con el que se trabaje. En la imagen especímenes de la familia Bathynellidae (Crustacea, Syncarida), que miden alrededor de 0,5-2,5 mm, para cuya identificación se requiere la disección de las piezas bucales o la identificación molecular, gracias a la cual se han descrito varias especies crípticas. Fotografía: Isabel Rey.

La principal limitación que han tenido las directrices de Bonn es su carácter **no vinculante**, al ser unas directrices voluntarias. Son pocos los países que, al solicitar una patente basada en recursos genéticos, por ejemplo, requieran que se informe de forma voluntaria sobre el origen de dichos recursos y España no se encuentra entre ellos. Según LAGO CANDEIRA (2011), si los países hubieran sido más consecuentes con esta recomendación y hubiesen implementado plenamente la cuestión de la divulgación del origen de los recursos, cuestión que todavía sigue pendiente en el seno de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual y en la Organización Mundial del Comercio, tal vez no habría hecho falta aprobar el Protocolo de Nagoya.



Protocolo de Nagoya.

4.1.2. Protocolo de Nagoya

En la décima reunión de la COP (Nagoya, Japón, 18-29 octubre de 2010), se decidió adoptar este Protocolo sobre Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios que se Deriven de su Utilización (<http://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-01-es.pdf>, <http://www.cbd.int/abs/doc/protocol/nagoya-protocol-es.pdf>), cuyo objetivo es proporcionar un marco jurídico transparente para la aplicación efectiva de este objetivo del CDB.

El Protocolo fue finalmente adoptado después de años de ardua y compleja negociación (LAGO CANDEIRA, 2011), pues desde el primer momento se produjo un fuerte choque de visiones entre los que consideraban que la biopiratería no era un problema real y que, por tanto, simplemente bastaba con aplicar los instrumentos existentes, y los que pensaban, por el contrario, que había que avanzar y adoptar medidas jurídicamente vinculantes para asegurar que los recursos genéticos fueran obtenidos respetando los marcos nacionales de acceso.

De conformidad con su Artículo 32, el Protocolo permaneció abierto para su firma por las Partes del 2 de febrero de 2011 al 1 de febrero de 2012 en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York. El Protocolo, según consta en su Artículo 33, entrará en vigor a los 90 días después de la fecha de depósito del quincuagésimo instrumento de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión⁵.

En la actualidad el Protocolo está firmado por 92 países, pero sólo lo han ratificado 29; España lo firmó el 21 de julio de 2011 y aún no lo ha ratificado (el 3 de febrero de 2012 el Consejo de Ministros lo remitió a las Cortes Generales para su tramitación parlamentaria), y tampoco la ha hecho la UE.

El ámbito de aplicación del Protocolo comprende los recursos genéticos cubiertos por el CBD. Los recursos genéticos humanos y los recursos genéticos que se encuentran fuera de la jurisdicción nacional (alta mar) quedan fuera del mismo, pero incluye los conocimientos tradicionales (CT) asociados a recursos genéticos. El Protocolo mantiene el sistema establecido por el CBD en relación al Consentimiento Fundamentado Previo (PIC) y la negociación de Términos Mutuamente Convenidos (MAT), pero además incorpora el **certificado de cumplimiento** o documento equivalente. Este certificado debe ser emitido por una

⁵ Por medio de la firma de un Convenio, un estado expresa, en principio, su intención de transformarse en Parte del Convenio. Sin embargo, la firma no obliga al Estado, de ninguna manera, a emprender más acciones. La ratificación implica la obligación legal del Estado que ratifica de aplicar el Convenio. Todos los términos ratificación, adhesión, aprobación y aceptación, significan el consentimiento de un Estado en obligarse por un tratado.

autoridad nacional del país proveedor tras comprobar que se ha cumplido con su marco nacional de acceso, y debe incluir como mínimo la siguiente información, cuando no sea confidencial:

- (a) *Autoridad emisora;*
- (b) *Fecha de emisión;*
- (c) *El proveedor;*
- (d) *Identificador exclusivo del certificado;*
- (e) *La persona o entidad a la que se otorgó el consentimiento fundamentado previo;*
- (f) *Asunto o recursos genéticos cubiertos por el certificado;*
- (g) *Confirmación de que se han establecido condiciones mutuamente acordadas;*
- (h) *Confirmación de que se obtuvo el consentimiento fundamentado previo; y*
- (i) *Utilización comercial y/o de índole no comercial.*

El hecho de que el Certificado también sea requerido para usos no comerciales permitirá una mayor seguridad jurídica y transparencia para proveedores y usuarios de recursos genéticos.

Todos los países que ratifiquen el Protocolo se comprometen a establecer medidas para asegurar que el acceso a los recursos genéticos haya estado en conformidad con el marco nacional del país proveedor, y se erigen, por tanto, en elementos activos en la lucha contra la biopiratería. De esta forma, los países que ratifiquen el protocolo establecerán puntos de control bajo su jurisdicción y exigirán a los usuarios de recursos genéticos en su ámbito que notifiquen en dichos puntos de control la información sobre los recursos genéticos obtenidos. En el texto del protocolo no se ha incluido un listado de instituciones que pudieran ser utilizadas como puntos de control, pero parece que les puede corresponder a las oficinas de patentes, a las instituciones de investigación sujetas a fondos públicos, a los editores de las publicaciones de resultados de investigación relacionados con la utilización de los recursos genéticos o a las autoridades que conceden la aprobación para la comercialización de productos basados en la utilización de recursos genéticos o sus derivados (LAGO CANDEIRA, 2011).

El Protocolo establece los principios y elementos mínimos que deben regir los marcos nacionales para acceder a los recursos, así como la forma en que se distribuyen los beneficios provenientes de su utilización entre las personas o los países que utilizan dichos recursos (usuarios) y las personas o los países que los

proporcionan (proveedores), mejorando la transparencia de dichos procedimientos. Pero el aspecto que resulta verdaderamente innovador es la cobertura de los conocimientos tradicionales asociados a esos recursos genéticos.

Estos marcos nacionales de acceso a los recursos genéticos deben tener en cuenta ciertas situaciones especiales. La primera de ellas hace referencia al establecimiento de procedimientos simplificados de acceso para actividades de investigación sin fines comerciales, incluida gracias a la presión ejercida por un consorcio de instituciones de investigación durante el proceso de negociación. La segunda tiene que ver con posibles situaciones de emergencia en relación con patógenos que puedan afectar a la salud humana, de animales o plantas (LAGO CANDEIRA, 2011).

Finalmente, vistos los Protocolos de Bonn y de Nagoya en relación con el ABS, resulta interesante conocer si existen estimas sobre su incidencia real, tanto en el aspecto económico como en el de conservación. Existe poca literatura sobre los Acuerdos de Transferencia de Material y la que existe (RODRÍGUEZ *ET AL.*, 2007, 2008) se centra principalmente en evaluar su impacto en aquellos acuerdos realizados entre investigación y empresas, y sobre los efectos beneficiosos o no del producto obtenido. Concretamente cuando se analizan publicaciones se intenta estimar si aumenta o disminuye la visibilidad, si se incrementan las citas y, en definitiva, si su uso implica mejoras o no para donantes o receptores; algunos autores también discuten las posibles interacciones con la propiedad intelectual (RICHERZHAGEN & HOLM-MUELLER, 2005).

RICHERZHAGEN & HOLM-MUELLER (2005), con respecto al acceso eficiente y el régimen de participación en los beneficios, exponen que durante estas dos décadas de uso del sistema ABS no parece que se estén alcanzando los objetivos deseables. La eficacia de los regímenes de ABS está influenciada por varios factores. La distribución de los beneficios, y por lo tanto el objetivo del CDB, “la distribución justa y equitativa”, se ve muy afectada por el poder de negociación que está estrechamente ligado a la complejidad de administraciones y del mercado, ya que los regímenes de derechos de propiedad son poco claros o ineficientes. Recientemente, DÁVALOS *ET AL.* (2003) intentaron evaluar de forma comparativa los regímenes de ABS con escaso éxito, ya que las conclusiones y recomendaciones siguen siendo muy generales o, por contra, demasiado específicas y no parece sencillo relacionar el impacto que cabría esperar del ABS para la conservación de la biodiversidad con el desarrollo económico.

La contribución de los productos naturales a las ventas en las principales compañías farmacéuticas del mundo varía desde el 10 % hasta más del 50 %. El 42 %

de las ventas de los 25 medicamentos más vendidos en todo el mundo en 1997, proviene de productos naturales o de sus derivados, con un valor total de 17.500.000.000 \$ (TEN KATE & LAIRD, 1999; RAJA *ET AL.*, 2010). Pero aun así, en Costa Rica (RICHERZHAGEN & HOLM-MUELLER, 2005), por poner un ejemplo concreto, la contribución obtenida por ABS es pequeña en comparación con la aportada por productos agrícolas, forestales y turismo (principalmente atraído por su biodiversidad). Los ingresos generados durante el período 1991-2000 por la madera fueron de 2.613.000 \$, por los plátanos 57.051.000 \$, por café 32.659.000 \$ y por el turismo 71.986.000 \$ (GÁMEZ, 2003). Los estudios preliminares de que se dispone parecen apuntar que los futuros e inciertos beneficios obtenidos por ABS no paliarán por sí solos los procesos de pérdida de biodiversidad, en concreto la ocasionada por deforestación.

Las colecciones de Historia Natural y los biobancos deben trabajar con un código de conducta que asegure el cumplimiento de las disposiciones del CBD, en particular acerca de la soberanía nacional sobre la biodiversidad, el consentimiento fundamentado previo y la distribución de los beneficios derivados de la utilización del patrimonio genético, esta pauta de trabajo debe ser el conjunto de las prácticas óptimas y de los estándares de calidad.

Las bases de datos de los biobancos deben estar informadas con los acuerdos a los que se haya llegado con los donantes de las muestras que se custodian, puesto que los conservadores o responsables de colecciones deben gestionar las muestras conforme a dichos requerimientos y son los responsables de mantener constancia (con reflejo documental) de la trazabilidad. Es decir, son responsables de identificar el origen y las condiciones mutuamente convenidas por las que se puede acceder al material custodiado, tanto durante la distribución de recursos genéticos como en las diferentes etapas del proceso de producción científica o tecnológica, garantizando que sólo sean utilizados bajo las condiciones fijadas y exclusivamente para las tareas especificadas.

En ausencia de PIC concretos no se debe olvidar que el país de origen seguirá siendo soberano y que los recursos se han obtenido con la garantía de que serán facilitados a cualquier investigador o autoridad científica que los solicite para actividades de investigación con fines no comerciales o con los fines que se especifiquen en el MTA. En relación con ello, las colecciones de tejidos y ADN o biobancos custodian muestras con potencial para ser utilizadas en biotecnología y esto plantea un debate, puesto que el texto del convenio no dice nada acerca de cómo deberían comportarse dichas instituciones en estos casos concretos. Aunque se intente actuar bajo el marco del CBD y con la ética y los requisitos del



Plantas incluidas en el Apéndice I CITES. *Agave victoriae-reginae* T.Moore (A) (Agavaceae) y dos especies de *Laelia* (C, D) (Orchidaceae). Corte radial de la madera de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth. (B), imprescindible para diferenciarla de otras especies del género (con distintos niveles de protección) utilizado en la fabricación de instrumentos musicales. Fotografías: Begoña Sánchez Chillón (A), Beatriz A. Dorda (C), Isabel Rey y Servicio de Microscopía del MNCN (B) e Isabel Rey (D).

ABS, quedan cuestiones en el aire, caben dudas de si deben facilitarse o no dichas muestras sin un permiso expreso o notificación a los países de origen. Tal vez se podrían solucionar estos problemas si en los MTA se especificara quién debe custodiar las muestras a largo plazo y se articulara la forma de resolver estas cuestiones.

Los recursos genéticos pueden obtenerse de la vida salvaje, domesticada o cultivada, bien del medio ambiente natural (*in situ*), o de colecciones hechas por el hombre (*ex situ*) (jardines botánicos, bancos de genes, bancos de semillas o cultivos microbianos). A día de hoy poco se ha discutido sobre las colecciones *ex*

situ, tanto de las adquiridas antes de la entrada en vigor del CBD como las que han ido creciendo a la par que se desarrollaba el universo ABS, y lo poco que se ha hecho ha sido principalmente en lo que compete a colecciones botánicas (<http://www.cbd.int/abs/bot-gards/default.shtml>). En mayo de 2000, en Nairobi, en la quinta reunión de la Conferencia de las Partes se reconoció la necesidad de obtener información sobre el estado de los recursos genéticos conservados *ex situ*. Mediante la decisión V/26 sobre el acceso a los recursos genéticos en colecciones *ex situ* adquiridas antes de su entrada en vigor y no contempladas por la Comisión de Recursos Genéticos para la Agricultura y la Alimentación, sólo se decidió continuar con el ejercicio de recopilar información.

En respuesta a esta necesidad se preparó, desde el Botanic Gardens Conservation International, una revisión internacional de las Colecciones *Ex Situ* de Plantas de los Jardines Botánicos del Mundo, con el apoyo del Gobierno del Reino Unido y de la Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, pero Holanda, Nueva Zelanda, Pakistán y Suecia fueron los únicos países que distribuyeron encuestas para obtener información relacionada: la escasa respuesta obtenida, compromete la fiabilidad de los resultados logrados.

Poco se avanzado a este respecto sobre colecciones zoológicas, el énfasis en las especies ganaderas –y la escasez de especies de esta categoría– parece ser la explicación a esta displicencia. Sin embargo, el gran grupo de los Invertebrados y más concretamente los marinos, tienen un notable interés para mercados biotecnológicos de la industria farmacéutica y cosmética (BHAKUNI & RAWAT, 2005). Múltiples pueden ser las razones del porqué no se han utilizado colecciones zoológicas clásicas; tal vez una de ellas sea la forma de conservación, pues para preservar este tipo de material es necesario utilizar multitud de fijadores, específicos o no, lo que reduce el rendimiento de extracción de compuestos frente a muestras criopreservadas. No obstante, resulta indudable que los millones de Invertebrados conservados en colecciones no han sido suficientemente investigados como posibles fuentes de componentes bioactivos.

Sea como fuere, desde la posición de custodios de un patrimonio genético del que son responsables los biobancos, y más si se ha obtenido con proyectos de financiación pública, no se debe olvidar que la explotación de dichos recursos depende de su finalidad. Se debe considerar la producción científica originada por el uso de un recurso como un beneficio compensatorio para la institución por su mantenimiento, cuando la finalidad no es lucrativa o de interés público, pero si tiene un interés económico, la institución debería ser compensada.

Como conservadores de biodiversidad nos corresponde cumplir con la legislación establecida y dar cuenta del uso que se hace de ella. Sólo en función de este seguimiento se podrán obtener informes de rendimiento de dicha legislación y se podrá visualizar si toda esta carga burocrática (por ejemplo, a la hora de pedir permisos de muestreo) resulta útil o no, para poder hacer una crítica con argumentos que tal vez a medio o largo plazo pueda servir para aligerarla.

4.2. CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRE (CITES)

Las siglas de este conocido convenio vienen de su nombre en inglés *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*. Es un acuerdo internacional entre gobiernos cuyo objetivo es asegurar que el **comercio** de animales y plantas silvestres o sus derivados no amenace su supervivencia.

Firmado en Washington el 3 de marzo de 1973 por 21 países, entró en vigor en el año 1975 y, a día de hoy, lo han firmado 178 países. El documento completo se puede obtener en <http://www.cites.es> o <http://www.cites.org/>. España presentó el Instrumento de Adhesión el 30 de mayo de 1986 y el Convenio entró en vigor el 28 de agosto de ese mismo año.

CITES tiene como objetivo principal asegurar que el comercio de determinadas especies de animales y de plantas de origen silvestre sea sostenible y no ponga en peligro su supervivencia. Esto supone esencialmente prohibir el comercio de especies en peligro de extinción y regular el comercio internacional de las especies amenazadas o en peligro de estarlo. Para conseguirlo se organizó un sistema de certificación, único hasta la fecha, que permitiera controlar el comercio internacional de especies silvestres y de sus productos derivados, requiriendo el uso de permisos oficiales para efectuarlo. Ese sistema protege animales y plantas vivos o muertos, sus partes o extractos (marfil, pieles, caparazones, semillas, muestras de tejido) y derivados (es decir, productos que los contengan, como por ejemplo cosméticos, perfumería, medicamentos, instrumentos musicales).

Bajo su protección se amparan más de 33.000 especies de las que aproximadamente 28.000 son plantas (85 %) y 5.000 son animales (15 %), todas ellas reunidas en listados con tres niveles de protección que se denominan Apéndices (Ap. I, Ap. II y Ap. III) que se revisan periódicamente y que se definen según el grado de vulnerabilidad.



La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) se creó para asegurar que la comercialización de animales, plantas silvestres o sus derivados no amenace su supervivencia. En la imagen, bolso realizado con la piel de un cocodrilo. El orden Crocodilia está completamente protegido por la normativa CITES: todas sus especies se encuentran incluidas en los Apéndices I o II. Fotografías: Isabel Rey.

El organismo máximo de decisión en CITES es la Conferencia de las Partes⁶ (CoP). Cada dos o tres años, los países signatarios de CITES se reúnen en la CoP para examinar la aplicación del convenio y adoptar una serie de decisiones que serán la base sobre la que se regulará el comercio internacional de las especies amparadas por la Convención. Es en este foro dónde, entre otras decisiones, se decide qué especies nuevas se incluyen en los Apéndices, cuáles se eliminan y cuáles se transfieren de un Apéndice a otro. Estas reuniones duran alrededor de dos semanas y normalmente tienen lugar en uno de los países firmantes. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente proporciona la Secretaría de CITES, que se encuentra en Ginebra, Suiza.

El texto del Convenio establece un amplio marco jurídico para la regulación del comercio internacional. Las Partes de CITES están obligadas a aplicar sus disposiciones a través de legislación nacional que puede ser más restrictiva que el propio Convenio; y además, también adquieren la obligación de promulgar legislación nacional para el decomiso de especímenes ilegales, imposición de sanciones por comercio ilegal y designación de las Autoridades Administrativas y

⁶ Las “conferencias de las partes”(COP) de CBD y CITES son diferentes, tratan temas similares pero los campos de acción son distintos. Las Secretarías de ambos Convenios han firmado un memorándum de entendimiento, dado que existen sinergias.

Científicas. Esto significa que todas las Partes comparten el marco jurídico y los mecanismos procesales comunes por los que regulan el comercio internacional de especímenes de especies incluidas en los Apéndices. Se incluyen entre estos mecanismos procesales los requisitos para el comercio con países que no son Partes, que son similares a los requisitos para regular el comercio entre las Partes (CITES, 2010).

Las listas con el nombre de las especies y su nivel de protección se pueden encontrar en <http://www.cites.org/esp/app/index.php>, y resulta muy recomendable utilizar los listados oficiales publicados por la página web de CITES, pues el número de especies y su asignación puede cambiar en cada CoP. Únicamente la CoP, bien sea en sus reuniones ordinarias o mediante el procedimiento de votación por correspondencia, puede añadir o suprimir especies de los Apéndices I y II, o transferirlas de un Apéndice a otro (véase el Artículo XV de la Convención). Ahora bien, cualquier Parte puede en cualquier momento añadir o suprimir unilateralmente una especie del Apéndice III (pese a que la CoP ha recomendado que los cambios deberían programarse para que coincidiesen con las enmiendas a los Apéndices I y II).

Apéndice I: incluye las especies de animales y plantas sobre las que pesa un mayor peligro de extinción, susceptibles como objeto de comercio (**no suelen incluirse si no se comercia con ellas**, excepto en casos en que por su apariencia sean similares a una sí incluida, por ejemplo el lince ibérico). El comercio de estas especies capturadas o recolectadas en sus hábitats naturales está prohibido y sólo **se permite** bajo circunstancias excepcionales, por ejemplo, **para la investigación científica**. En este caso, puede autorizarse el comercio concediendo un **permiso de exportación** o **certificado de reexportación** y un **permiso previo de importación** (se pueden ver modelos en el APÉNDICE XIII).

El permiso de exportación es facilitado por el país de origen, el certificado de reexportación se emite cuando el material procede de un país que no es el de origen.

Apéndice II: incluye las especies que, si bien en la actualidad no se encuentran en peligro de extinción, podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio. Incluye también especies de apariencia similar a otras incluidas en el Apéndice I, a fin de garantizar un mejor control de las protegidas. El comercio de animales y plantas, capturados o recolectados en el medio silvestre, y nacidos en cautividad o reproducidos artificialmente, está permitido cuando se cumplen los requisitos establecidos. En estos casos es necesario un **permiso de exportación** o un **certificado de reexportación**. No es necesario un **permi-**



El convenio CITES prohíbe la comercialización de cualquier resto de origen animal de las especies incluidas en el Apéndice I, por ejemplo el marfil. El marfil del elefante asiático, *Elephas maximus* Linnaeus, 1758, está incluido en el Apéndice I desde 1975 y el del elefante africano, *Loxodonta africana* Blumenbach, 1797, desde 1990. En 1997 una serie de poblaciones de este último pasaron al Apéndice II para permitir su exportación como trofeos de caza con fines no comerciales; en ningún caso se permite la comercialización de tallas, como las de la imagen, si no se certifica una antigüedad anterior a dichas fechas. El marfil de mamut se puede comercializar porque el convenio no incluye especies fósiles. Fotografía: Antonio Galilea.

so de importación excepto en países con legislación mas estricta, como ocurre en la UE, Suiza, Japón y Estados Unidos de América.

Apéndice III: incluye especies sujetas a regulación a petición de uno o mas países parte, siendo condición que estos países sean área de distribución de la especie y precisa la cooperación de otros países para impedir o restringir su explotación. El requisito es un **permiso de exportación**, cuando el espécimen es originario del país que ha solicitado la inclusión de esa especie en el Apéndice III,

o un **certificado de origen** expedido por la Autoridad Administrativa (AA) CITES del país exportador, o reexportador, en el resto de los casos.

Habitualmente los certificados de origen son emitidos por las Cámaras de Comercio, pues se conceden para numerosos productos comerciales manufacturados o no, pero en este caso **sólo pueden ser emitidos por la AA** del país (por ejemplo, un Certificado de Origen de un espécimen chino en Vietnam sólo podrá ser emitido por la AA de Vietnam).

Sólo se permite el comercio internacional de una especie incluida en el Apéndice II si no es perjudicial para la supervivencia de la especie en el medio silvestre. Para efectuar tales juicios, se requiere que cada Parte designe una Autoridad Científica (AC). Los permisos para el comercio (basándose en el asesoramiento que se recibe de la AC), son emitidos por una AA. El control en la aplicación y observancia de que los productos CITES se comercializan con los permisos exigidos, es un trabajo que recae sobre las autoridades nacionales, en el caso español, funcionarios de Servicio de Vigilancia Aduanera, Guardia Civil o Policía. A escala internacional la infracción de las disposiciones de la Convención puede acarrear sanciones comerciales que son unilaterales.

En el artículo 7, apartado 6, del texto del Convenio (CITES, 1973) se dice que las disposiciones de los artículos III, IV y V no se aplicarán al préstamo, donación o intercambio no comercial entre científicos e instituciones científicas registradas por la AA de su Estado, en relación a especímenes de herbario, otros especímenes preservados, secos o incrustados de museo, y material de plantas vivas que lleve una etiqueta expedida o aprobada por una AA (APÉNDICE XIII).

El Convenio es un acuerdo de mínimos y admite la posibilidad de aplicar legislaciones nacionales más estrictas, como es el caso del Reglamento de la UE (se puede obtener en http://ec.europa.eu/environment/cites/legislation_en.htm).

4.2.1. CITES y la Unión Europea

La aplicación de CITES en la UE se realiza a través de Reglamentos de la UE, que son directamente aplicables en los Estados miembros. Estas regulaciones establecen condiciones de importación más estrictas que las impuestas por CITES. La normativa vigente en la UE para la aplicación de CITES es:

1. El Reglamento marco: Reglamento (CE) del Consejo n.º 338/97 de 9 de diciembre de 1996 sobre la protección de especies de fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio, incluyendo en el mismo los anexos que contienen una lista de las especies reguladas en el comercio. En éste se

autoriza a los Estados miembros de la UE a suspender las importaciones en relación con determinadas especies y países de, desde y hacia la UE, aunque las otras Partes sigan permitiendo el comercio en CITES, si existen opiniones negativas del Grupo de Revisión Científica de la UE.

2. El Reglamento de aplicación: Reglamento (CE) n ° 865/2006 de 4 de mayo de 2006 por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) n ° 338/97 del Consejo relativo a la protección de especies de la fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio. Incluye la bibliografía sobre la nomenclatura (artículo 5, apartado 4) que debe emplearse para indicar la denominación científica de las especies en los permisos y certificados. Este reglamento también prevé la emisión de etiquetas que se utilizarán para el intercambio no comercial de especímenes entre instituciones científicas registradas, para especímenes de museo o de herbarios. Es decir, no son necesarios los permisos para tales movimientos no comerciales entre instituciones inscritas, pero se requieren **requisitos estrictos de etiquetado**, y tal movimiento de especímenes sólo puede ocurrir entre las instituciones que han sido reconocidas por las AA nacionales de CITES. La etiqueta aprobada por la AA constituye la declaración ante la aduana y en ella figura el código de la institución, compuesto por el código ISO del país más un número identificativo.

Estos dos Reglamentos constituyen el marco legal básico para todos los Estados miembros de la UE y regulan el comercio dentro y entre los ellos –lo que es considerado comercio nacional–, así como el comercio internacional fuera de los Estados miembros de la UE de animales y plantas silvestres, sus partes, derivados y productos que contengan, sean susceptibles de contener o estén elaborados a partir de especímenes CITES.

En la UE las especies se categorizan en cuatro niveles de protección que se denominan Anexos (A, B, C y D) del Reglamento (CE) N ° 338/97. Los Anexos A, B y C corresponden en gran parte a los Apéndices CITES I, II y III, pero contienen algunas especies no incluidas en estos y que están protegidos por la legislación interna de la UE, para ser coherente con otras normas sobre la protección de especies nativas, como la Directiva Hábitats y la Directiva Aves; además, ciertas especies autóctonas de la UE, incluidas en los Apéndices II y III, aparecen en el Anexo A (Tabla 1).

El Anexo A del Reglamento Europeo incluye todas las especies del Apéndice I, algunas de las especies que se enumeran en el Apéndice II y III de CITES así

Tabla 1. Resumen de los grupos de especies incluidas en los Anexos del reglamento comercial de especies silvestres de la UE y su relación con los Apéndices CITES.

ANEXO A	Todas las especies del Apéndice I Algunas especies del Apéndice II Algunas especies del Apéndice III Especies no listadas
ANEXO B	El resto de las especies del Apéndice II Algunas especies del Apéndice III Especies no listadas
ANEXO C	El resto de las especies del Apéndice III
ANEXO D	Especies no listadas

cómo especies no listadas en CITES y, por lo tanto, no pueden ser comercializados o utilizados para fines comerciales. Las restricciones de uso de los especímenes de especies de este Anexo son equiparables a las ya indicadas para los del Apéndice I.

El Anexo B incluye todas las especies que se encuentran listadas en el Apéndice II (que no lo hayan sido en el Anexo A), especies incluidas en el Apéndice III (que no lo hayan sido en el Anexo A) y especies no listadas en el Convenio CITES. En este último caso es de señalar que en este Anexo se incluyen especies alóctonas (invasoras) que son o pueden llegar a ser consideradas peligrosas para la fauna y flora autóctonas (contaminación nuevos patógenos, introgresión genética, competencia por el alimento).

El Anexo C engloba todas las especies del Apéndice III que no están incluidas en los Anexos A y B, más especies no CITES; el objetivo es mantener un sistema de vigilancia sobre el volumen de comercio en el mercado internacional, que podría llevar a que la UE proponga o apoye una propuesta de terceros, de incluir una especie en el Apéndice II, e incluso en el Apéndice I.

El Anexo D (especies no CITES), incluye especies que podrían ser elegibles para su futura entrada en alguno de los otros anexos, existe como un control estadístico (para conocer los volúmenes reales) del nivel de comercialización de esas especies por la UE y se conoce como la “lista de vigilancia”. Aunque en muchos casos existen para los animales y plantas vivos, así como para productos de origen animal o vegetal, farmacéuticos etc., otro tipo de controles (por ejemplo, los permisos veterinarios o fitosanitarios), estos se emiten en conjunto por grupo ani-



En la actualidad todos los corales están protegidos por CITES en el Apéndice II, para evitar excesos de sobreexplotación por su comercialización. Coral de la familia Tubiporidae (CITES Anexo II) (arriba) y collares de coral dispuestos para la venta (abajo). Fotografías: Antonio Galilea.

mal (por ejemplo, reptiles sp., sin reflejar los nombres científicos de las especies). En resumen, este Anexo pretende conocer la realidad del comercio.

Para los anexos A y B se requiere permiso de exportación o certificado de reexportación y permiso de importación; para los Anexos C y D son necesarios permisos de exportación o certificado de reexportación y notificaciones de importación.

A pesar de que las regulaciones comerciales de especies silvestres de la UE son de aplicación directa en todos los Estados miembros de la misma, las disposiciones de aplicación necesarias deben transponerse a la legislación nacional (cada Estado miembro tiene su legislación pertinente relativa a biodiversidad, conservación de especies, disposiciones veterinarias y fitosanitarias, bienestar animal y vegetal y reglamentación aduanera) y se complementarán con las leyes nacionales para cuestiones que permanecen bajo la soberanía de cada Estado miembro, como las sanciones. En España se regula mediante la ley de contrabando. Por poner un ejemplo, quién envíe un trozo de coral sin la preceptiva documentación CITES y al que se le haya asignado un valor de 1 €, podría ser sancionado con 1.000 €. Se pueden encontrar los procedimientos sancionadores en la *Ley Orgánica 6/2011*, de 30 de junio (por la que se modifica la *Ley Orgánica 12/1995*, de 12 de diciembre), de represión del contrabando.

4.2.2. El registro de instituciones científicas

En el párrafo 6 del Artículo VII de la Convención figuran disposiciones especiales sobre la reglamentación del comercio de ciertos tipos de especímenes de especies incluidas en los Apéndices I, II y III para el “préstamo, donación o intercambio no comercial entre científicos e instituciones científicas registrados con la Autoridad Administrativa de su Estado”.

De conformidad con la Resolución Conf. 11.15 (Rev. CoP12), es la Secretaría CITES la que se encarga de mantener el registro de las instituciones científicas que tienen derecho a esta exención. Además, en esa resolución figuran las directrices para la aplicación de la exención y, por lo tanto, las características que deben cumplir aquellas instituciones que quieran obtenerla.

El registro de la institución científica debe contar con el dictamen de la AC y la valoración de la AA.

El registro como institución científica será comunicado por la AA a la Secretaría CITES.

Los datos y número de registro de la institución científica serán incluidos en la página web de la Secretaría CITES.

Una vez publicado el registro, la institución podrá utilizar el sistema de etiquetado en sustitución de los permisos y certificados CITES para el intercambio con otras instituciones registradas.

Las etiquetas serán entregadas por la AA CITES a la institución científica.

Ésta, por su parte, cumplimentará un registro de datos con la información de las etiquetas que deberá estar a disposición de la AA. La AA establecerá un sistema de control teniendo en cuenta las peculiaridades de cada institución científica registrada, por ejemplo de forma ordinaria dos veces al año.

Cualquier incumplimiento de las condiciones del registro conllevaría la comunicación por parte de la AA de retirada del registro de la institución científica de la lista de instituciones registradas en la página web de la Secretaría CITES.

Las normas para el registro de instituciones científicas se relacionan a continuación:

- a. Las colecciones de especímenes de animales y plantas, así como la documentación conexas, deberán ser conservadas permanentemente y profesionalmente por la institución.
- b. Todos los usuarios calificados, incluidos los de otras instituciones, podrán tener acceso a los especímenes.
- c. Toda nueva adquisición debería ser debidamente consignada en un catálogo permanente.
- d. Se debe mantener registro permanente de los préstamos y transferencias a otras instituciones.
- e. Los especímenes deberán adquirirse principalmente con fines de investigación, cuyos resultados se reflejarán en publicaciones científicas.
- f. Los especímenes deberán prepararse y las colecciones organizarse de manera que se garantice su utilidad.
- g. Los datos de los especímenes consignados en las etiquetas, catálogos permanentes y otros documentos deberán ser precisos.
- h. La adquisición y posesión de especímenes debería hacerse en consonancia con la legislación del Estado en que se halle la institución científica.
- i. Todos los especímenes de especies incluidas en el Apéndice I deberán conservarse permanentemente bajo la supervisión directa de los responsables designados para ello por la institución científica y gestionarse de manera que no sean utilizados como trofeos, con fines decorativos u otros propósitos incompatibles con los principios de la Convención.

Existen países que exigen los mismos requisitos para préstamo o intercambio de especies no CITES, por ejemplo Australia, que además tiene un registro de instituciones para intercambio de muestras no CITES y exige que las instituciones garanticen los mismos estándares en las colecciones (<http://www.environment.gov.au/topics/biodiversity/wildlife-trade/trading-and-out-australia/non-commercial-trade/scientific>).

4.3. PATRIMONIO NATURAL Y DE LA BIODIVERSIDAD

La *Ley 42/2007*, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, de 13 de diciembre de 2007, junto con el *Real Decreto 1274/2011* de 16 de septiembre que aprueba el Plan estratégico del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad 2011-2017, en aplicación de la *Ley 42/2007*, son el marco jurídico que regula las colecciones de Historia Natural y las muestras de las colecciones de tejidos y ADN o biobancos desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad.

Sólo se comentarán los apartados que atañen a la conservación *ex situ* de los recursos genéticos en colecciones de Historia Natural. Se ha de tener en consideración que existe otra normativa sectorial relacionada, para comprender y apoyar la conservación y uso sostenible de la biodiversidad molecular y el patrimonio natural de los recursos genéticos de la que se hace una pormenorizada relación en el APÉNDICE IV. Entre estas normas cabría destacar:

- *Ley 30/2006*, de 26 de julio, de semillas y plantas de vivero y de recursos fitogenéticos
- Orden de 23 de abril de 1993 por la que se crea el Programa de Conservación y Utilización de Recursos Fitogenéticos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y se establecen los objetivos básicos, directrices y normativa general del programa
- *Real Decreto 2129/2008*, de 26 de diciembre, por el que se establece el Programa nacional de conservación, mejora y fomento de las razas ganaderas.
- *Ley 31/2003*, de 27 de octubre, de conservación de la fauna silvestre en los parques zoológicos
- *Ley 41/2010*, de 29 de diciembre, de Protección del Medio Marino.

4.3.1. Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. BOE núm. 299, de 14 de diciembre de 2007

Esta ley establece el régimen jurídico básico de la conservación, uso sostenible, mejora y restauración del patrimonio natural y de la biodiversidad.

La ley viene a derogar y sustituir a la *Ley 4/1989*, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres, la cual procedía a su vez de la Ley de 2 de mayo de 1975, de Espacios Naturales Protegidos, y sus sucesivas modificaciones. Además, establece la obligación de que todos los poderes públicos (y por tanto todas las instituciones del Estado), velen en sus ámbitos respectivos por la conservación y la utilización racional del patrimonio natural en todo el territorio nacional y en las aguas marítimas bajo soberanía o jurisdicción española.

La ley establece que *“las Administraciones Públicas deben dotarse de herramientas que permitan conocer el estado de conservación del patrimonio natural y de la biodiversidad española, y las causas que determinan sus cambios; con base en este conocimiento podrán diseñarse las medidas a adoptar para asegurar su conservación, integrando en las políticas sectoriales los objetivos y las previsiones necesarios para la conservación y valoración del patrimonio natural, la protección de la biodiversidad, la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, y el mantenimiento, y en su caso la restauración, de la integridad de los ecosistemas.”* Este párrafo por sí sólo justifica la existencia de las colecciones de Historia Natural y de los bancos de recursos genéticos, imprescindibles en el estudio de las especies que componen la biodiversidad y fundamentales para el seguimiento de la evolución de sus poblaciones.

Si bien esta ley debiera ser de obligada lectura par todos los profesionales que trabajen en recursos naturales, parece interesante detenernos en aquellos títulos, capítulos o artículos de ella que muestran especial vinculación con el trabajo de las colecciones de Historia Natural, y más concretamente de los biobancos.

En los artículos correspondientes al Título Preliminar se especifican, por ejemplo, los principios que inspiran la ley (artículo 2), centrados en el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales y de los sistemas vitales básicos, en la preservación de la diversidad biológica, genética, de poblaciones y de especies, y en la preservación de la variedad, singularidad y belleza de los ecosistemas naturales y de la diversidad geológica y del paisaje. Además, en el artículo 3 se establecen una serie de definiciones que (como en el caso de los 2 apartados precedentes, CBD y CITES), es importante tener presentes para el trabajo de los biobancos.



Toda la familia Psittacidae está protegida por la normativa CITES. *Cacatua sulphurea* Gmelin, 1788 (CITES Apéndice I; izquierda) y *Ara chloroptera* (Gray, 1859) (CITES Apéndice II; derecha). Fotografías: Isabel Rey.

- 5) **Conservación:** mantenimiento o restablecimiento en estado favorable del patrimonio natural y la biodiversidad, en particular, de los hábitats naturales y seminaturales de las poblaciones de especies de fauna y de flora silvestres, así como el conjunto de medidas necesarias para conseguirlo.
- 6) **Conservación in situ:** conservación de los ecosistemas y los hábitats naturales y seminaturales, el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies silvestres en sus entornos naturales y, en el caso de las

especies domesticadas y cultivadas, en los entornos en que hayan desarrollado sus propiedades específicas.

- 7) **Conservación ex situ:** *conservación de componentes de la diversidad biológica fuera de sus hábitats naturales.*
- 23) **Material genético:** *todo material de origen vegetal, fúngico, animal, microbiano o de otro tipo que contenga unidades funcionales de la herencia.*
- 28) **Recursos biológicos:** *los recursos genéticos, los organismos o partes de ellos, las poblaciones, o cualquier otro tipo del componente biótico de los ecosistemas de valor o utilidad real o potencial para la humanidad.*
- 29) **Recursos genéticos:** *material genético de valor real o potencial.*
- 30) **Recursos naturales:** *todo componente de la naturaleza, susceptible de ser aprovechado por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades y que tenga un valor actual o potencial, tales como: el paisaje natural, las aguas, superficiales y subterráneas; el suelo, subsuelo y las tierras por su capacidad de uso mayor: agrícolas, pecuarias, forestales, cinegéticas y de protección; la biodiversidad; la geodiversidad; los recursos genéticos, y los ecosistemas que dan soporte a la vida; los hidrocarburos; los recursos hidroenergéticos, eólicos, solares, geotérmicos y similares; la atmósfera y el espectro radioeléctrico, los minerales, las rocas y otros recursos geológicos renovables y no renovables.*
- 33) **Taxón:** *grupo de organismos con características comunes.*
- 34) **Taxón extinguido:** *taxón autóctono desaparecido en el pasado de su área de distribución natural.*
- 35) **Taxones autóctonos:** *taxones existentes de forma natural en un lugar determinado, incluidos los extinguidos, en su caso.*

El Título III se centra la conservación de la biodiversidad silvestre, encomendando a las Comunidades Autónomas que *adopten las medidas necesarias para garantizar la conservación de la biodiversidad que vive en estado silvestre, atendiendo preferentemente a la preservación de sus hábitats y estableciendo regímenes específicos de protección para aquellas especies silvestres cuya situación así lo requiera.* Además es el lugar donde se señala la prohibición de *dar muerte, dañar, molestar o inquietar intencionadamente a los animales silvestres*, al igual que se *prohíbe la posesión, transporte, tráfico y comercio de ejemplares vivos o muertos, así como la introducción especies alóctonas cuando éstas puedan competir con las autóctonas, alterar su pureza genética o sus equilibrios ecológicos.* Éstas son prohibiciones que condicionan el

trabajo de los biólogos y que deben ser respetadas en todos los trabajos de investigación que se hagan sobre especies silvestres, indicando que la gestión de permisos debe ser gestionada por las Comunidades Autónomas.

Además el capítulo segundo de este Título III, concretamente en el artículo 60, se refiere a la *Red e Inventario Español de Bancos de Material Biológico y Genético*, donde se especifican los siguientes 3 puntos:

1. *Con objeto de preservar el patrimonio genético y biológico de las especies silvestres y de integrar en los programas de conservación las operaciones ex situ e in situ, la Comisión Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad promoverá la existencia de una red de bancos de material biológico y genético. Dicha red dará prioridad, entre otras, a la preservación de material biológico y genético procedente de taxones autóctonos de flora y fauna silvestres amenazadas, y en especial de las especies amenazadas endémicas.*
2. *Las Comunidades autónomas deberán mantener un registro de los bancos de material biológico y genético de especies silvestres sitos en su territorio, con información actualizada sobre las colecciones de material biológico y genético de fauna y flora silvestres que mantengan en sus instalaciones.*
3. *Se crea el Inventario Español de Bancos de Material Biológico y Genético de especies silvestres, dependiente del Ministerio de Medio Ambiente, que tendrá carácter informativo y en el que se incluirán los datos facilitados por las Comunidades autónomas.*

Con respecto a Catálogos, Listados e Inventarios de ámbito estatal, la ley indica que existen dos modelos de configuración y que uno de ellos tiene un carácter esencialmente informativo y en él sólo se recoge la información suministrada por las Comunidades Autónomas, poniendo como ejemplo concreto el caso del Inventario Español de Bancos de Material Biológico y Genético de Especies Silvestres.

El Título IV se refiere al Uso sostenible del patrimonio natural y de la biodiversidad y, concretamente el capítulo segundo, está dedicado al acceso a los recursos genéticos procedentes de taxones silvestres y el reparto de beneficios (artículo 68), indicando que se regirá por lo dispuesto en el CBD y sus instrumentos de desarrollo, así como que la competencia para obtener el PIC y negociar las MAT (artículo 15 del CBD sobre ABS) corresponderá a las Comunidades Autónomas de cuyo territorio procedan los recursos genéticos o en cuyo territorio estén localizadas las instituciones de conservación ex situ de donde los mis-

mos procedan. En el capítulo tercero (artículo 69), se interesa por el comercio internacional de especies silvestres, adecuando su desarrollo a la legislación internacional, en particular CITES, el Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura de la Organización Mundial para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la normativa comunitaria sobre protección de las especies amenazadas, mediante el control del comercio. Indicando que es el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio el encargado de mantener un registro de las importaciones y exportaciones de especies silvestres cuyo comercio esté regulado.

Por último, el Título VI se centra en infracciones y sanciones y, concretamente, el artículo 76 clasifica las infracciones. Por ejemplo, se consideran infracciones administrativas las que aparecen en su apartado b, que dice: *“la destrucción, muerte, deterioro, recolección, comercio o intercambio, captura y oferta con fines de venta o intercambio o naturalización no autorizadas de especies de flora y fauna catalogadas «en peligro de extinción», así como la de sus propágulos o restos”*. Además se especifican que se considerarán *“infracciones muy graves las recogidas en los apartados a), b), c), d), e) y f), cuando la valoración de los daños derivados supere los 100.000 euros, y cualquiera de las otras si la valoración de daños supera los 200.000 euros”*.

En el artículo 77 especifica la clasificación de las sanciones, como leves, graves y muy graves y detalla las multas correspondientes. La prescripción de las infracciones y sanciones se especifica en el artículo 79.

En la parte final de la ley existen unas disposiciones adicionales y concretamente la séptima hace referencia a la **Investigación y transferencia de tecnología sobre la diversidad biológica** especificando que *“las Administraciones Públicas fomentarán el desarrollo de programas de investigación sobre la diversidad biológica y sobre los objetivos de esta Ley”*.

4.3.2. Real Decreto 1274/2011 de 16 de septiembre que aprueba el Plan estratégico del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad 2011-2017, en aplicación de la Ley 42/2007

Este Real Decreto aprueba el Plan estratégico del patrimonio natural y de la biodiversidad 2011-2017, que desarrolla lo establecido en el artículo 13.4 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

En vigor desde el 1 de octubre de 2011, es el instrumento de planificación de la actividad de la Administración General del Estado en esta materia (<http://www.actualidadjuridicaambiental.com/?p=6966>).

Este Real Decreto analiza de forma sintética la situación actual de la biodiversidad y del patrimonio natural en España y establece como finalidad prioritaria “*detener la pérdida de biodiversidad y la degradación de los servicios de los ecosistemas y afrontar su restauración*”. Para obtener dicha meta enumera una serie de *metas* específicas para su obtención que se concretan en ocho y es en la 2ª, donde se exponen un par de puntos (el 3 y el 7) que conciernen a material genético y que se pueden observar en la Tabla 2.

En el Anexo I del Plan Estratégico, que se refiere al Programa de Seguimiento, se incluyen una serie de indicadores que permitirán evaluar los progresos realizados hacia el logro de cada uno de los objetivos de dicho Plan, la Tabla 3 muestra los de mayor interés.

A la vista de la Tabla 3, cuando se compara el trabajo realizado en España con el llevado a cabo en otros países también proveedores de diversidad, como Costa Rica o Brasil, que cuentan con un protocolo de trabajo más avanzado, nuestras administraciones no parecen haber respondido de manera eficaz y diligente, a pesar de ser considerado como país europeo proveedor de biodiversidad. Por otro lado, las solicitudes de acceso a recursos genéticos parecen pocas, en relación con el volumen de publicaciones con base molecular realizadas sobre poblaciones españolas (MARTÍNEZ-SOLANO *ET AL.*, 2005; GONÇALVES *ET AL.*, 2009). Podría considerarse que las peticiones de toma de muestras de tejido o especímenes para estudios de diversidad o Taxonomía molecular, realizadas por investigadores nacionales y extranjeros, no se han considerado como *solicitudes de acceso a recursos genéticos*. Esto puede deberse a que dichas peticiones las gestionan directamente las Comunidades Autónomas y puede que falte comunicación con respecto al número de peticiones de este tipo, o existe cierta incertidumbre sobre lo que la Administración o el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente considera como recursos genéticos, aunque se define claramente, en el Artículo 3 de la *Ley 42/2007*. Por otro lado, cabría pensar que se esté llevando a cabo la recomendación de Nagoya sobre mantener un estatus especial para estudios de Taxonomía. Sea como sea, no se están teniendo en cuenta los miles de muestras que quedan como remanentes de investigaciones finalizadas en colecciones de tejidos y ADN o biobancos, y, lo que es peor, el hecho parece no quedar reflejado en los permisos de colecta; ni tampoco se considera quiénes deben hacerse cargo de su conservación y mantenimiento y cuáles deberían ser los usos futuros de este material. Esto hace que los responsables de dichas colecciones se enfrenten a un vacío legal.

Tabla 2. Resumen de la tabla de metas del Plan Estratégico probado por el Real Decreto 1274/2011

OBJETIVO 2.3 Contribuir a la conservación y restauración de hábitats naturales y especies silvestres.			
Acción	PRIORIDAD	RESPONSABLE	COLABORADORES
2.3.12 Desarrollar el Inventario Español de Bancos de Material Biológico y Genético y promover el trabajo en red mediante la creación de una unidad de coordinación	2	DGMNPF	
OBJETIVO 2.7 Regular el acceso a los recursos genéticos y el reparto de beneficios derivado de la utilización de los mismos.			
2.7.1 Identificar a los potenciales usuarios españoles de recursos genéticos	2	DGMNPF	AGE
2.7.2 Establecer un sistema administrativo de acceso a los recursos genéticos españoles en el marco de la <i>Ley 42/2007</i>	1	DGMNPF	SGT/AGE
2.7.3 Garantizar la adecuada transferencia de tecnología y el reparto de los beneficios derivados del uso sostenible de los recursos genéticos en el marco del CDB	3	DGMNPF	AGE
2.7.4 Constituir un grupo de trabajo para el desarrollo y seguimiento de la aplicación de las medidas relacionadas con el acceso a los recursos genéticos	2	DGMNPF	AGE
2.7.5 Garantizar la coherencia en la gestión de recursos genéticos compartidos, en particular con Portugal	3	DGMNPF	AGE
2.7.6 Fomentar la concienciación de los sectores sobre las obligaciones de los usuarios en relación con el acceso a los recursos genéticos en otras jurisdicciones	2	DGMNPF	AGE

Tabla 3. Indicadores de evaluación de progresos de los objetivos del Plan Estratégico. Para cada indicador el RD 1274/2011 define un valor inicial que fija el punto de partida de la evaluación y un valor a alcanzar al finalizar la vigencia del Plan Estratégico.

OBJETIVO 2.7 Regular el acceso a los recursos genéticos y el reparto de beneficios derivado de la utilización de los mismos			
INDICADOR	VALOR INICIAL	VALOR A ALCANZAR	FUENTE DE VERIFICACIÓN
Sistema administrativo de acceso a los recursos genéticos españoles	No instrumentado reglamentariamente	Instrumentado reglamentariamente.	Real Decreto
Número de solicitudes de acceso a recursos genéticos en España	Menos de 10 (Datos 2010)	En aumento	Informe DGMNPF

Como se puede ver, aún queda mucho por hacer para disponer de un marco de trabajo sobre conservación de las colecciones de ADN o biobancos en nuestro país; la elaboración de protocolos de gestión puede suponer una oportunidad para mejorar el funcionamiento de estas instalaciones, el acopio de material y su eficaz uso con fines científicos y conservacionistas.

Para finalizar, en la entrada denominada *DIAGNÓSTICO*, hay una referencia a *RECURSOS GENÉTICOS*, donde se puede leer respecto al Protocolo de Nagoya⁷, “*Respecto a la regulación del acceso a los recursos genéticos, la Ley 42/2007 establece en su artículo 68 una disposición habilitante para su posible desarrollo por medio de un Real Decreto. En cuanto al reparto de beneficios, España no ha adoptado por el momento ninguna medida específica para asegurar que los usuarios españoles de recursos genéticos foráneos cumplen con los marcos nacionales de acceso de dichos países y reparten beneficios con los mismos*”, además añade “*En cuanto a la regulación específica de los recursos genéticos marinos, la Ley de Protección del Medio Marino (Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de Protección del Medio Marino) prevé que los mismos se regularán por la legislación de pesca en materia de recursos marinos vivos*”, para acabar

⁷ El Consejo de Ministros del 20 de mayo de 2011 autorizó la firma del Protocolo de Nagoya (adoptado en la 10ª Sesión de la Conferencia de las Partes del Convenio sobre Diversidad Biológica [COP-10], celebrada en Nagoya en octubre del 2010), sobre ABS del CBD, aunque la fecha de firma en la web del CBD es 21/07/2011. El 8 de septiembre de 2011 el Consejo de Ministros ya había acordado

añadiendo que España es tanto un país proveedor como usuario de recursos genéticos.

Esta aseveración, en ocasiones, deja igualmente un vacío legal ante el cual a los responsables de biobancos sólo les queda responder con la mayor profesionalidad, manteniendo un registro de origen y usos, imprescindible para poder informar de la trazabilidad del patrimonio custodiado y dar razón a los países soberanos, señalando el uso personal y la no distribución a terceros. Con respecto a los recursos marinos, también resulta sorprendente puesto que una línea en auge, la búsqueda de componentes bioactivos, se centra en numerosos Invertebrados marinos (RAJA *ET AL.*, 2010), pero no se debe olvidar que los recursos naturales fuera de la jurisdicción nacional están exentos en Nagoya.

4.4. PATRIMONIO HISTÓRICO

Los museos de Historia Natural, antropológicos y arqueológicos que mantienen colecciones clásicas, son proveedores de los recursos genéticos contenidos en los especímenes que conservan, aunque los métodos de conservación que se utilizaron con ellos no fueran específicos para la conservación de este tipo de material. Por lo general, y cada vez con mejores resultados debido a la mejora de las técnicas analíticas, se observa que diferentes tejidos pueden rendir compuestos moleculares (principalmente ADN), aunque no se hayan conservado con esta finalidad (COOPER, 1994; GILBERT *ET AL.*, 2007a, b; MILLER *ET AL.*, 2009). En ocasiones se puede extraer material genético de especímenes que fueron obtenidos hace 50, 100, 200 años o incluso más, y que pueden pertenecer a especies o poblaciones extintas, lo que les confiere un valor único.

el envío a las Cortes Generales de este Protocolo para su tramitación parlamentaria, pero se paralizó como consecuencia de la disolución de las Cámaras. Finalmente, el 3 de febrero de 2012 el Consejo de Ministros lo remitió a las Cortes Generales.

Es decir, a día de hoy, aún no ha sido ratificado por España (o lo que es lo mismo, el tratado aun no es jurídicamente vinculante para España).

El *Real Decreto 1274/2011* fue elaborado un par de meses antes que la firma del Protocolo de Nagoya. Conocedores de su inminencia, este reglamento explica, en concreto en el OBJETIVO 2.7 (de la segunda meta específica de las ocho a las que hace referencia), cómo planea regular el acceso a los recursos genéticos y el reparto de beneficios derivado de la utilización de los mismos, por medio de una serie de acciones a las que les da una escala de prioridades.



Toda la familia Cactaceae está protegida por la normativa CITES, por ejemplo, *Cereus peruvianus* (L.) Mill. (izquierda). También ocurre lo mismo con la Areceae *Dypsis decaryi* (Jum.) Beentje & J.Dransf. (derecha) (CITES Apéndice II). Fotografías: Isabel Rey, Begoña Sánchez Chillón.

Para poder obtener una muestra de tejido resulta inevitable la destrucción parcial, por pequeña que sea, del objeto. El fragmento muestreado y las moléculas obtenidas deben ser consideradas tan patrimonio histórico como la pieza completa.

Por otro lado, y siempre que las colecciones de tejidos o de ADN forman parte de Museos, tales biorepositorios están afectados por una serie de leyes y reglamentos que hay que tener en consideración.

La *Ley 16/1985* de Patrimonio Histórico Español, el *Real Decreto 620/1987* por el que se aprueba el Reglamento de Museos de Titularidad Estatal y del Sistema Español de Museos y el *Real Decreto 111/1986*, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la *Ley 16/1985*, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español (BOE, 28/01/1986) y sus sucesivas modificaciones⁸, constituyen el marco legal aplica-

⁸ *Real Decreto 111/ 1986*, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la *Ley 16/1985*, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español (BOE, 28/01/1986) modificado por *Real Decreto 64/1994*, de 21 de enero. (BOE, 02/03/1994) y modificado el artículo 58 por el *Real Decreto 162/2002*, de 8 de febrero (BOE, 09/02/2002).

ble para la conservación del patrimonio. Asimismo, en el *Real Decreto 211/2002*, de 22 de febrero, se actualizan determinados valores incluidos en la *Ley 36/1994*, de 23 de diciembre, de incorporación al ordenamiento jurídico español de la Directiva 93/7/CEE del Consejo, de 15 de marzo, relativa a la restitución de bienes culturales que hayan salido de forma ilegal del territorio de un estado miembro de la UE (BOE, 1/03/2002).

Además de legislación nacional, los museos y colecciones pueden estar afectados por convenios europeos como el Convenio europeo sobre protección del patrimonio arqueológico, revisado en La Valeta (Malta)⁹ el 16 de enero de 1992, ratificado (BOE 20 de Julio de 2011) y en vigencia desde el 1 de octubre de 2011; o de mayor ámbito, como los que dependen de la UNESCO, el Convenio para la Protección de los Bienes Culturales en caso de conflicto armado, firmado en La Haya el 14 de mayo de 1954 (adhesión española: BOE, 24/11/1960) o la Convención sobre las medidas que deben adoptarse para prohibir e impedir la importación, la exportación y la transferencia de propiedad ilícitas de bienes culturales, hecha en París el 14 de noviembre de 1970 (ratificada por España: BOE 05/02/1986).

4.5. LEY ORGÁNICA 10/1995, DE 23 DE NOVIEMBRE, DEL CÓDIGO PENAL

Ley Orgánica 10/1995 del Código Penal, y sus posteriores modificaciones, tiene títulos concretos que protegen el patrimonio histórico y el medio ambiente.

Por ejemplo, el Título XVI se centra en los delitos relativos a la ordenación del territorio y el urbanismo, la protección del patrimonio histórico y el medio ambiente. Concretamente el capítulo segundo hace referencia a los delitos sobre el patrimonio histórico y, en su artículo 323, especifica las penas sobre los que causen “*daños en un archivo, registro, museo, biblioteca, centro docente, gabinete científico, institución análoga o bienes de valor histórico, artístico, científico, cultural o monumental, así como en yacimientos arqueológicos*”.

El capítulo tercero especifica las penas sobre los delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente, concretamente el artículo 332 alude a las penas contra quien “*con grave perjuicio para el medio ambiente corte, tale, queme,*

⁹ El Convenio se abrió a la firma en La Valeta (Malta) en 1992 y entró en vigor en 1995 para los países que lo ratificaron.

arranque, recolecte o efectúe tráfico ilegal de alguna especie o subespecie de flora amenazada o de sus propágulos, o destruya o altere gravemente su hábitat". Los artículos 333 y 334 se refieren, respectivamente, a la introducción de especies de flora o fauna no autóctona, de modo que perjudique el equilibrio biológico, y a los que cacen o pesquen especies amenazadas o realicen actividades que impidan o dificulten su reproducción o migración, o destruyan o alteren gravemente su hábitat.

4.6. LEY ORGÁNICA 12/1995 DE 12 DE DICIEMBRE DE 1995, DE REPRESIÓN DEL CONTRABANDO

La *Ley Orgánica 12/1995*, de 12 de diciembre de 1995, de Represión del Contrabando (BOE nº 297 de 13/12/1995), el *Real Decreto 1649/1998*, de 24 de julio de 1998, por el que se desarrolla el Título II de la *Ley Orgánica 12/1995*, de 12 de diciembre, de Represión del Contrabando, relativo a las infracciones administrativas de contrabando (BOE nº 214 de 07/09/1998) y la *Ley Orgánica 6/2011*, de 30 de junio, por la que se modifica la *Ley Orgánica 12/1995*, de 12 de diciembre, de represión del contrabando (BOE nº 156 de 01/07/2001) constituyen el marco jurídico en relación al tráfico ilegal y, en concreto, en lo que se refiere a CITES.

En el artículo 2.2 del Título I se especifica que cometen delito de contrabando (siempre que el valor de los bienes, mercancías, géneros o efectos sea igual o superior a 50.000 euros), quienes realicen alguno de los siguientes hechos:

- a) Exporten o expidan bienes que integren el Patrimonio Histórico Español sin la autorización de la Administración competente cuando ésta sea necesaria, o habiéndola obtenido bien mediante su solicitud con datos o documentos falsos en relación con la naturaleza o el destino último de tales productos o bien de cualquier otro modo ilícito.
- b) Realicen operaciones de importación, exportación, comercio, tenencia, circulación de Géneros estancados o prohibidos, incluyendo su producción o rehabilitación, sin cumplir los requisitos legalmente establecidos y aquí se incluyen los especímenes de fauna y flora silvestres y sus partes y productos, de especies recogidas en el Convenio de Washington, de 3 de marzo de 1973, o en el Reglamento (CE) n.º 338/1997 del Consejo, de 9 de diciembre de 1996, sin cumplir los requisitos legalmente establecidos.

En el artículo 12 del Título II se detallan las sanciones. Los responsables de las infracciones administrativas de contrabando relativas a los bienes incluidos en el artículo 2.2 de esta ley serán sancionados del siguiente modo:

- a) Con multa pecuniaria proporcional al valor de las mercancías.
Los porcentajes aplicables a cada clase de infracción estarán comprendidos entre los límites que se indican a continuación:
 - 1.º) Leves: el 200 y el 225%, ambos incluidos.
 - 2.º) Graves: el 225 y el 275%.
 - 3.º) Muy graves: el 275 y el 350%, ambos incluidos.El importe mínimo de la multa será, en todo caso, de 1.000 euros. Para ser delito penal tienen que tener un valor superior a 50.000 euros y por debajo es infracción administrativa castigada con multa.
- b) Con el cierre de los establecimientos de los que los infractores sean titulares.
El cierre podrá ser temporal o, en el caso de infracciones reiteradas, definitivo.

4.7. SEGURIDAD ALIMENTARIA, SALUD HUMANA, BIENESTAR ANIMAL, RIESGOS LABORALES

4.7.1. Normas sanitarias y legislación sobre eliminación y transformación de animales muertos y restos de origen animal

El Reglamento (CE) N° 1069/2009, del Parlamento Europeo y del Consejo, y el Reglamento (UE) N° 142/2011, de la Comisión, constituyen desde el 4 de marzo de 2011 el marco legal comunitario aplicable a los Subproductos Animales No Destinados al Consumo Humano y los Productos Derivados de los mismos (SANDACH¹⁰), quedando derogado desde esa fecha el Reglamento (CE) 1774/2002. En concreto el Reglamento (UE) N° 142/2011 establece las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) N° 1069/2009 y de la Directiva 97/78/CE del Consejo en cuanto a determinadas muestras y unidades exentas de los controles veterinarios en las fronteras.

La norma regula la gestión de los subproductos de origen animal desde el momento en que se generan hasta su uso final, y su destrucción para garantizar

¹⁰ SANDACH Subproducto de origen Animal No Destinado a Consumo Humano
ABPs Animal By-Products (subproductos de origen animal) <http://sandach.marm.es/Publico/default.aspx>



LIBRO BLANCO

Subproductos de Origen Animal no Destinados a Consumo Humano



Libro Blanco de los SANDACH.

que durante la misma no se ocasionen riesgos para la salud humana, la sanidad animal o el medio ambiente. El objetivo final de esta regulación es garantizar la seguridad de la cadena alimentaria humana y animal.

Mediante el *Real Decreto 1528/2012*, de 8 de noviembre, se establecen las normas aplicables a los SANDACH y se decretan disposiciones específicas de aplicación en España de dichos reglamentos. Entre otras medidas, define la distribución de competencias entre diversos departamentos de la Administración

General del Estado (AGE) y las Comunidades Autónomas en relación con los SANDACH, y crea la Comisión Nacional de Subproductos de origen Animal No Destinados Al Consumo Humano como órgano colegiado interministerial y multidisciplinar, entre cuyas funciones figuran el seguimiento y la coordinación de la ejecución de la normativa sobre SANDACH. La Comisión Nacional se reúne como mínimo dos veces al año. Además mantiene un contacto permanente con los diferentes sectores implicados en la gestión de los SANDACH.

Una de las primeras tareas abordadas por la Comisión Nacional fue la realización de un estudio integral sobre la cadena de gestión de estos subproductos, cuyo resultado se refleja en el Libro Blanco de los SANDACH (<http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-e-higiene-ganadera/sandach/>). Las recomendaciones y conclusiones del mismo constituyen a su vez la base del Plan Nacional Integral de los SANDACH, herramienta de gestión que define las líneas estratégicas de actuación para conseguir una aplicación eficaz de la normativa sobre subproductos, garantizando la protección de la salud pública, la sanidad animal y el medio ambiente sin menoscabo de la actividad económica de los sectores implicados.

La cadena de producción y distribución de alimentos y productos de origen animal genera a lo largo de los procesos (desde la cría de animales a la comercialización de carnes o pescados, pasando por el sacrificio y despiece de las canales), toda una serie de subproductos que han sido tradicionalmente utilizados para una infinidad de usos. Con anterioridad a las crisis alimentarias y de sanidad animal de finales de los años 90 y principios de 2000 (encefalopatías espongiformes transmisibles, gripe aviar y la nueva pandemia de gripe humana producida por el virus H1N1), estos materiales se utilizaban mayoritariamente para la alimentación animal. Aquellos otros que carecían de valor o que no podían ser utilizados para este fin eran eliminados. En el caso de los cadáveres de animales, se enterraban en la propia explotación. Otros subproductos se enviaban a vertederos directamente o se gestionaban conjuntamente con los residuos urbanos.

Tras estas crisis, el Parlamento y el Consejo Europeo aprobaron reglamentos que regulan de manera integral la gestión de todos estos materiales en condiciones de máxima seguridad, clasificando los SANDACH, en tres categorías establecidas en función del grado de riesgo, definidas en los artículos 7, 8, 9, 10, del reglamento (CE) No 1069/2009 (APÉNDICE V, Clasificación de los subproductos animales y los productos derivados), estableciendo la forma de transformación y las condiciones para su utilización o eliminación (concretadas en los artículos 12, 13 y 14).

En el artículo 16 se especifican excepciones y una de ellas, concretamente la b), se refiere a materiales si se usan con fines de investigación u otros fines específicos de conformidad con el artículo 17. En este artículo se dice:

1. No obstante lo dispuesto en los artículos 12, 13 y 14, la autoridad competente podrá autorizar el uso de subproductos animales y productos derivados para exposiciones, actividades artísticas [aquí en el Reglamento (CE) 1774/2002 ponía taxidermia] y con fines de diagnóstico, educación o investigación en condiciones que garanticen el control de los riesgos para la salud pública y la salud animal. Estas condiciones incluirán: a) la prohibición de todo uso posterior de los subproductos animales o productos derivados para otros fines, y b) la obligación de eliminar los subproductos animales o productos derivados de manera segura o de volver a enviarlos a su lugar de origen, si procede.
2. En caso de que existan riesgos para la salud pública y la salud animal que requieran la adopción de medidas en todo el territorio de la Comunidad, en particular si aparecen nuevos riesgos, se podrán establecer condiciones armonizadas para la importación y el uso de los subproductos animales y productos derivados mencionados en el apartado 1. Dichas condiciones podrán incluir requisitos sobre almacenamiento, envasado, identificación, transporte y eliminación.

En su artículo 23 se menciona el **Registro de explotadores, establecimientos o plantas** que afecta directamente al trabajo desarrollado en museos o bio-repositorios. Se explicita la necesidad de tener esta actividad registrada y además especificar: i) la categoría de los subproductos animales o productos derivados bajo su control y ii) la naturaleza de las operaciones realizadas utilizando como materia prima subproductos animales o productos derivados.

El artículo 24 se refiere a la autorización de establecimientos o plantas¹¹ y su punto h) se centra en la manipulación de subproductos animales tras su recogida.

¹¹ Conviene indicar que en el *Real Decreto 2224/1993*, de 17 de diciembre, sobre normas sanitarias de eliminación y transformación de animales muertos y desperdicios de origen animal y protección frente a agentes patógenos en piensos de origen animal (vigente hasta el 23 de noviembre de 2003), se incluían 2 Anexos interesantes:

Anexo I. Requisitos de higiene para la recogida y transporte de animales muertos y desperdicios animales.

Anexo II. Requisitos de higiene para las plantas de transformación de animales muertos y desperdicios de origen animal.

da, mediante operaciones consistentes en clasificar, cortar, enfriar, congelar, salar o retirar las pieles o el material de riesgo especificado; y el artículo 25 a los requisitos generales de higiene.

El Reglamento (UE) N° 142/2011 de la Comisión de 25 de febrero de 2011 por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) n° 1069/2009 y la Directiva 97/78/CE del Consejo, en cuanto a determinadas muestras y unidades exentas de los controles veterinarios en la frontera tiene un Anexo VI donde se explican las normas especiales sobre investigación, alimentación de animales, recogida y eliminación. La sección primera de su Capítulo I (denominado Normas Especiales sobre Muestras para Investigación y otros fines) se centra en muestras para diagnóstico e investigación y explica:

1. *Los explotadores garantizarán que los envíos de muestras para diagnóstico e investigación van acompañados de un documento comercial que debe indicar:*
 - a) *la descripción del material y la especie animal de origen;*
 - b) *la categoría del material;*
 - c) *la cantidad de material;*
 - d) *el lugar de origen y el lugar de envío del material;*
 - e) *el nombre y la dirección del expedidor;*
 - f) *el nombre y la dirección del destinatario y/o usuario.*
2. *Los usuarios que manipulen muestras para diagnóstico e investigación adoptarán todas las medidas necesarias para impedir la propagación de enfermedades transmisibles a personas o animales durante la manipulación de los materiales bajo su control, en particular por medio de la aplicación de buenas prácticas de laboratorio.*
3. *Estará prohibido todo uso posterior de las muestras para diagnóstico e investigación para fines distintos de los indicados en el punto 38 del Anexo I (Anexo I definiciones).*
4. *Salvo cuando se conserven por motivos de referencia, las muestras para diagnóstico e investigación y cualquier producto derivado del uso de dichas muestras se eliminarán:*
 - a) *como residuo mediante incineración o co-incineración;*
 - b) *en caso de los subproductos animales o productos derivados mencionados en el artículo 8, letra a), inciso iv), el artículo 8, letras c) y d), y en los artículos 9 y 10, del Reglamento (CE) n° 1069/2009 que formen parte de cultivos celulares, equipos de laboratorio o muestras de laboratorio, por medio de un tratamiento cuyas condiciones sean*

equivalentes, como mínimo, al método validado para autoclaves de vapor y posterior eliminación como residuo o aguas residuales de conformidad con la legislación relevante de la Unión;

c) por esterilización a presión y posterior eliminación o uso de conformidad con lo dispuesto en los artículos 12, 13 y 14, del Reglamento (CE) n o 1069/2009.

5. *Los usuarios que manipulen muestras para diagnóstico e investigación llevarán un registro de los envíos de dichas muestras. Dicho registro incluirá la información contemplada en el punto 1, así como la fecha y el método de eliminación de las muestras y de todo producto derivado.*
6. *No obstante lo dispuesto en los puntos 1, 4 y 5, la autoridad competente podrá aceptar la manipulación y eliminación de muestras para diagnóstico e investigación con fines educativos en otras condiciones que garanticen que no surgen riesgos inaceptables para la salud pública y animal.*

La Sección 2 establece que las muestras comerciales y objetos de exposición podrán transportarse, usarse y eliminarse únicamente conforme a lo dispuesto en los puntos 1 a 4 y 6 de la sección 1, es decir, incineración.

Otro aspecto relacionado con la seguridad sanitaria, vinculada a restos animales, son las zoonosis no transmitidas por los alimentos¹². En algunos casos, transmitidas por vectores, es decir, organismos vivos o muertos, que transmiten agentes infecciosos de un animal infectado a un ser humano u otro animal. Los vectores son, con frecuencia, Artrópodos tales como mosquitos, garrapatas, moscas, pulgas y piojos, y pueden transmitir enfermedades como la malaria, el virus del Nilo Occidental y la enfermedad de Lyme.

En otros casos las zoonosis se transmiten por contacto directo o proximidad con los animales infectados. Las enfermedades que son principalmente transmisibles a otros animales o a los seres humanos de este modo son:

1. La gripe aviar, que es una enfermedad viral que ocurre en aves de corral y otras aves. Los cerdos también pueden ser portadores de este virus, junto

¹² Información adicional puede obtenerse de la página web de la European Food Safety Authority (<http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/zoonoticdiseases.htm>).

Para saber más sobre zoonosis también se puede visitar <http://www.cvbd.org/en/zoonosis/> o consultar los manuales sobre Código Sanitario para los animales terrestres www.oie.int/doc/ged/D7602.PDF, www.oie.int/doc/ged/D12365.PDF y acuáticos (www.oie.int/doc/ged/D11947.PDF).

con otros virus de gripe. Aunque afecta principalmente a las Aves, se han dado casos de virus que se transmiten a los seres humanos y otros animales por contacto cercano con aves infectadas.

2. Fiebre Q, que es una enfermedad causada por la bacteria *Coxiella burnettii*, que afecta tanto a animales (ganado bovino, ovejas y cabras, Aves y Artrópodos) como a seres humanos. La infección humana se produce principalmente por inhalación de polvo contaminado con bacterias de los fluidos de la placenta y del parto o las heces de animales infectados. Otros modos de transmisión son a través del agua contaminada o las heces de los Artrópodos.
3. Una cepa específica de *Staphylococcus aureus* (MRSA), bacteria resistente a la meticilina (CC398), se puede transmitir por contacto con animales vivos.
4. Las infecciones por *Salmonella* pueden originarse en el contacto con Reptiles y Anfibios infectados, tales como mascotas (serpientes, iguanas y ranas) o en su entorno.
5. Verotoxina, producida por *Escherichia coli* se puede adquirir a través del contacto con animales de granja infectados.

En la página del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, <http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/comercio-exterior-ganadero/comercio-intracomunitario/> se puede encontrar:

- 1) la lista de establecimientos y laboratorios autorizados en España para investigar e identificar zoonosis.
- 2) la relación de los laboratorios de sanidad y genética animal.

4.7.2. Bienestar animal

El 22 de septiembre de 2010, el Parlamento Europeo y el Consejo adoptaron la Directiva 2010/63/UE, relativa a la protección de los animales utilizados para fines científicos, que debe ser incorporada al ordenamiento jurídico español. Por otra parte, la Comisión Europea, a través de la Recomendación 2007/526/CE, de 18 de junio de 2007, estableció las líneas directrices relativas al alojamiento y al cuidado de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos que ya se había adoptado en el ámbito del Consejo de Europa como Apéndice A del Convenio Europeo sobre la protección de los animales Vertebrados utilizados con fines experimentales u otros fines científicos (European Treaty Series 123).



Ejemplares del MNCN: arriba, *Pandinus imperator* (Koch, 1842) (CITES Apéndice II) (MNCN:20.02/9403) y, debajo, cuernos de rinoceronte blanco *Ceratotherium simum* (Burchell, 1817) (MNCN:M:4262) y tortuga Carey *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766) (MNCN:Herpeto:24961) (ambos CITES Apéndice I). Fotografías: Begoña Sánchez Chillón e Isabel Rey.

Para ajustar la legislación Española a las directrices europeas se elabora el *Real Decreto 53/2013*, de 1 de febrero, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia, el cual deroga y sustituye al *Real Decreto 1201/2005*, de 10 de octubre, sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos.

Este Real Decreto se dicta en desarrollo de la *Ley 32/2007*, de 7 de noviembre, para el cuidado de los animales, en su explotación, transporte, experimentación y sacrificio. Aunque la protección que otorga este Real Decreto no puede extenderse, hoy por hoy, a los nuevas especies no incluidas en él hasta que se reforme dicha *Ley 32/2007*, esta norma se aprueba de manera que su protección se extenderá automáticamente en cuanto se introduzca el cambio previsto en la citada ley. Lo mismo sucede con el régimen sancionador que ahora sólo se aplica a las infracciones de procedimientos previstos en la *Ley 32/2007* y quedará extendido en cuanto ésta se reforme.

4.7.3. Prevención de riesgos laborales

La prevención de riesgos siempre debe ser integral pero cuando se trabaja en laboratorios biológicos en general (toma de muestras), o de biología molecular en particular, debe ser atendida con más interés.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), entró en vigor el 11 de febrero de 1996. En lo que compete a biobancos la prevención de riesgos laborales que debe ser seguida se centra en los específicos para laboratorios químicos y biológicos.

4.8. TRANSPORTE: EXPORTACIÓN, IMPORTACIÓN

El embalaje y transporte se deberán ajustar a todos los estándares y normas nacionales e internacionales vigentes. Los envíos aéreos están coordinados por la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA) y los envíos terrestres se rigen por los acuerdos sobre transporte de sustancias peligrosas por carretera (European **Agreement** concerning the International Carriage of **Dangerous** Goods by **Road**, ADR) dependiente de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE, http://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr_e.html).

Orden FOM/3553/2011, de 5 de diciembre, por la que se modifica el Anexo 2 del *Real Decreto 1749/1984*, de 1 de agosto, por el que se aprueban el

Reglamento Nacional (y las Instrucciones Técnicas) sobre el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea

La IATA y la Organización Internacional de Aviación Civil (ICAO) han revisado durante el año 2012 las disposiciones especiales del IATA Dangerous Goods Regulations (54th edition) y otras condiciones sobre la normativa aplicada y, como resultado de esta revisión, se han producido modificaciones en las disposiciones sobre el transporte aéreo comercial. Esto afecta al transporte de muestras biológicas, tanto para las que quieran ser transportadas por los propios investigadores (cuando no puedan o no quieran enviarlas por correo) o para los préstamos de colecciones. Así, a partir del 1 de enero de 2013, se permitirá a los pasajeros transportar tanto en el equipaje de mano, como en el facturado, muestras no infecciosas que contengan pequeñas cantidades de líquidos inflamables (diluciones de alcohol), siempre que se cumplan los requisitos del Special Provisions A180 (se adjunta en el APÉNDICE VI el documento que debe acompañar dichas muestras). Sin embargo, esto no significa que estén excluidos o no se necesiten cumplir el resto de requisitos en relación con las inspecciones (aduanas) de importación/exportación, sobre especies amenazadas o en peligro de extinción de CITES.

En www.aena.es/csee/, se pueden obtener las normas de entrada, tránsito y salida de carga y otros artículos y además se pueden consultar las páginas web de la IATA (<http://www.iata.org/>) y la ICAO (<http://www.icao.int/>), así como la normativa para transporte de bienes de The United Nations Economic Commission for Europe (<http://www.unece.org/trans/danger/danger.html>).

Existen guías sobre la reglamentación relativa al transporte de sustancias infecciosas (http://www.safetyway.es/images/PDF/Guia_oms_2011.pdf) y documentos relativos al acuerdo europeo sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (European **Agreement** concerning the International Carriage of **Dangerous** Goods by **Road** ADR) donde se concretan las categorías y los tipos de embalajes (<http://www.safetyway.es/images/PDF/ADR-SafetyWay.pdf>). En concreto la que compete directamente a biobancos es la instrucción de embalaje P650 (http://es.wikipedia.org/wiki/Instrucci%C3%B3n_de_Embalaje_P650).

El *Real Decreto 65/2006*, de 30 enero, establece los requisitos para la importación y exportación de muestras biológicas y normaliza el control fronterizo de muestras biológicas para el diagnóstico o investigación en seres humanos, fue modificado con la *Orden SAS/3166/2009*, de 16 de noviembre, en la que se sustituyen los anexos del *Real Decreto 65/2006*. En ambas regulaciones se describe el procedimiento de autorización (que depende de la Subdirección General de

Sanidad Exterior del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) para la introducción y exportación en el territorio nacional de material biológico (material infeccioso y otros subproductos de origen animal) destinado exclusivamente a investigación. El formulario para la autorización de la introducción en el territorio nacional de ese tipo de material biológico y las instrucciones de procedimiento, revisado en febrero 2012, se pueden encontrar en http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/comercio-exterior-ganadero/Inst_import_material_bio_investig_Rev_septiembre_2013_tcm7-296496.pdf y se incluyen en el APÉNDICE VII.

4.9. OTRAS DISPOSICIONES

Una sociedad internacional, International Society for Biological and Environmental Repositories (ISBER), es el mayor foro que trata aspectos técnicos, legales, éticos y de gestión correspondientes a los depósitos de muestras biológicas y ambientales. Es una asociación profesional de personas y organizaciones que comparten interés en la elaboración de estándares de calidad, trabajando bajo principios éticos coherentes, y además en la promoción e innovación en los bancos de muestras biológicas. Esta sociedad ha publicado diferentes ediciones de manuales de buenas prácticas éticas para repositorios (ISBER, 2005, 2007), la última, su tercera edición, se editó años después (ISBER, 2012).

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (Organisation for Economic Cooperation and Development, OECD) tiene como misión desde 1961 promover políticas que mejoren el bienestar económico y el bienestar social de las personas en todo el mundo, trabajando con los gobiernos para entender lo que impulsa los cambios económicos, sociales y medioambientales. Mide la productividad y los flujos mundiales de comercio e inversión; analiza y compara datos para predecir las tendencias futuras y desarrolla las normas internacionales en una amplia gama de materias, desde la agricultura hasta el impuesto a la seguridad de los productos químicos y biológicos. Precisamente en relación con este último punto, han elaborado dos interesantes documentos, uno sobre buenas prácticas en centros de recursos biológicos (OECD, 2007a) y una guía de buenas prácticas sobre seguridad en centros de recursos biológicos (OECD, 2007b).

La *Ley 14/2007*, de 3 de julio, de Investigación biomédica, fija normas en ámbitos no regulados hasta la fecha, o que lo han sido de forma fragmentaria o ajena a los cambios producidos en los últimos años, tales como los análisis genéticos,

la investigación con muestras biológicas humanas, en particular las de naturaleza embrionaria, o los biobancos. Esta ley está en estrecha relación con la utilización de muestras de origen humano, define y aclara el estatuto jurídico de los biobancos de tales características y los diferencia de otras colecciones de muestras biológicas que pudieran existir con fines de investigación biomédica, sin perjuicio de que en ambos casos deba procederse a su inscripción en el Registro Nacional de Biobancos.

Relacionado con ella, el *Real Decreto 1716/2011*, de 18 de noviembre, establece los requisitos básicos de autorización y funcionamiento de los biobancos con fines de investigación biomédica y del tratamiento de las muestras biológicas de origen humano, y se regula el funcionamiento y organización del Registro Nacional de Biobancos para investigación biomédica. El Instituto de Salud Carlos III, pone a disposición de los investigadores una plataforma electrónica para el registro de biobancos y colecciones de muestras (<http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-el-instituto/fd-organizacion/fd-estructura-directiva/fd-subdireccion-general-investigacion-terapia-celular-medicina-regenerativa/fd-centros-unidades/registro-nacional-de-biobancos.shtml>).

Más información sobre la legislación de biobancos humanos se puede consultar en la página web de la red nacional de biobancos hospitalarios, <http://www.redbiobancos.es/secciones.aspx?i=34&p=46>.

Por último, el *Real Decreto 1720/2007*, de 21 de diciembre, aprueba el Reglamento de desarrollo de la *Ley Orgánica 15/1999*, de 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal. La actual *Ley Orgánica 15/1999* adaptó nuestro ordenamiento a lo dispuesto por la Directiva 95/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de octubre de 1995, relativa a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, derogando a su vez la hasta entonces vigente *Ley Orgánica 5/1992*, de 29 de octubre, de Regulación del tratamiento automatizado de datos de carácter personal.

4.10. COLOFÓN

Es numerosa la normativa relativa a la protección de la biodiversidad pero aunque debe ser tomada en consideración se aleja de los propósitos de esta tesis y por lo tanto no se ha hecho una mención comentada, pero sí se ha recopilado en el APÉNDICE IV. Además, las competencias en materia de conservación del medio

ambiente están transferidas a las Comunidades Autónomas y por lo tanto existe legislación más específica que se debe tener en cuenta para solicitar los permisos correspondientes (gestionados por las administraciones autonómica o local) cuando se necesita recolectar ejemplares o muestras para estudios concretos o inventarios de biodiversidad sobre el territorio español. De igual modo se debe proceder fuera del territorio español, revisando la legislación que competa en cada caso.

La emisión de los permisos y certificados de importación y exportación para la protección de especies de fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio (Reglamento CE 338/97), es competencia de la Administración General del Estado. En concreto de la Autoridad Administrativa CITES principal, que depende de la Subdirección General de Inspección, Certificación y Asistencia Técnica del Comercio Exterior, Dirección General de Comercio e Inversiones del Ministerio de Economía y Competitividad, aunque también existen Centros y Unidades de Asistencia Técnica Territoriales y Provinciales habilitados en una red periférica (más información en <http://www.cites.es/es-ES/informaciondeutilidad/Paginas/servicios-de-inspeccion-SOIVRE.aspx>).

La legislación específica relacionada con biodiversidad se puede encontrar en las siguientes direcciones <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/legislacion> del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del área de Naturaleza, y en <http://www.cites.es/es-ES/legislacion/Paginas/Legislacion-de-aplicacion.aspx> de la Secretaría de Estado de Comercio del Ministerio de Economía y Competitividad.

La prevención de riesgos personales y generales derivados del trabajo habitual de las colecciones de los biobancos, tanto en el lugar de trabajo como durante el transporte, es una responsabilidad adquirida en las últimas décadas e ineludible en un mundo donde la seguridad alimentaria y sanitaria global debe ser una prioridad.

La conservación del patrimonio genético en sentido estricto forma parte del patrimonio natural, pero el desarrollo de necesidades concretas para su gestión hace difícil concretar cuál es el ámbito en el que se debe establecer su reglamentación, si en la legislación de patrimonio histórico o dentro del patrimonio natural. Si bien el control de su procedencia protege la biodiversidad, no se debe olvidar que en sí mismo es el acervo científico, testigo de una investigación en un tiempo concreto, que servirá de referente para el futuro y por lo tanto, desde el punto de vista práctico, se deben tener en cuenta ambas vertientes. Desde este convencimiento, es triste tener que decir que las leyes y reglamen-

tos de patrimonio histórico nunca han llegado a concretar la protección específica de la colecciones científicas de Historia Natural en el más amplio sentido de su definición.

5. GESTIÓN

Ident *melanis*
Ejs. 31 *01VAR/2007*
E *hmo*

The idea that museum collections could be used to address problems relating to population and community ecology, as well as to gather information on reproductive cycles has still not permeated curatorial practices

Pere Alberch

Las colecciones clásicas están resultando ser una fuente importante de ADN, obtenido a partir de la musculatura seca que ha permanecido en el interior del exoesqueleto. En la imagen se puede observar una caja de la Colección de Entomología del MNCN con diferentes especímenes del género *Morpho* Fabricius, 1807. Fotografía: Isabel Ortega.

La gestión de una colección es la organización y coordinación de sus actividades de acuerdo con unas políticas determinadas, para la consecución de sus objetivos. Parafraseando a Fredmund Malik (MALIK MANAGEMENT, 2005), la gestión se define como la transformación de recursos en utilidad. El principal objetivo de la gestión de los biobancos es administrar recursos (humanos, financieros, materiales, tecnológicos, de conocimiento) para facilitar la conservación del patrimonio genético y posibilitar que sea utilizado con el máximo provecho, para la más amplia cantidad de servicios en distintas tareas científicas y sociales. Por ende, lleva asociado un trabajo burocrático que permite la trazabilidad de los distintos procesos.

En este capítulo se incluyen las tareas involucradas en el ingreso, procesamiento y control de uso de los especímenes; dichas tareas se pueden sintetizar en tres grandes categorías: adquisición, asimilación y acceso.

La **adquisición** se refiere a la forma de ingreso de colecciones o especímenes concretos en la institución, los criterios de aceptación que deben ser tenidos en cuenta y los trámites administrativos y físicos de las entradas. En la **asimilación** se encuadran los trabajos de preparación de las muestras a partir de especímenes frescos y los cambios precisos para cumplir con los requisitos de conservación de los ejemplares ingresados, para que se ajusten a los estándares establecidos por la colección hospedante, incluidos todos los procesos de conservación preventiva que se realicen sobre las muestras a lo largo de su existencia. Además de la catalogación, ubicación y etiquetado definitivo. Por último, el **acceso** deja constancia escrita del quién, cómo, cuándo y por qué se usan los ejemplares conservados, generando una base de datos que complementa la información de cada uno de los especímenes en el catálogo para garantizar su trazabilidad.

5.1. ADQUISICIÓN

La adquisición comprende tareas mayoritariamente burocráticas y administrativas, como la elaboración de informes que justifiquen la decisión de aceptar o no los ejemplares o la cumplimentación y firma de documentos necesarios para legalizar los ingresos. La aceptación de los ejemplares implica decidir sobre la finalidad de los mismos, es decir, acerca del tipo de colección a la que se destinarán y los métodos de preservación o conservación definitiva a los que se les tendrá que someter, en función de su estado al llegar a la colección. Además, se debe

ser consciente de que también se acepta la responsabilidad de su custodia y, por lo tanto, de los gastos que conlleva.

Antes de seguir adelante se quiere dejar constancia que, aunque en este capítulo de forma genérica utilizamos los términos “adquisición” e “ingreso”, no se están usando en el sentido establecido por las diversas modalidades de la Normalización Documental de Museos vigente para museos de titularidad estatal¹. Según Cámara (2009), bajo esta normalización documental básicamente sólo existen dos vías, asignación o depósito. La Asignación, es una fórmula mediante la cual un órgano de la Administración General del Estado, a través del Ministerio u órgano superior delegado que le corresponda, establece el destino de unos bienes asignándolos a un museo, de modo que estos pasan a formar parte de su colección estable, incrementándola; y el Depósito es un contrato regulado en el Código Civil (C.c. *Real Decreto* de 24 de julio de 1889, Vigente hasta el 22 de Julio de 2014), arts. 1.758 a 1789 del Título XI, del Libro IV, *De las Obligaciones y Contratos*. Además, en palabras del mismo autor (CÁMARA, 2009), “*Forma de adquisición*” es un concepto que se refiere a las vías por las que un museo de titularidad estatal adquiere la propiedad, mientras que “*Forma de ingreso*” se refiere a cómo entran los bienes en una colección, ya sea adquiriendo la titularidad o no.

Mencionamos todo esto para hacer hincapié en que esta Tesis no se restringe a museos de titularidad estatal sino que abarca un mayor número de instituciones y tiene como objetivo hacer un repaso pormenorizado de las diferentes tareas que incurren en la gestión de los biobancos.

5.1.1 Formas de ingreso

Las distintas modalidades legales de ingreso características en Colecciones de Tejidos y ADN se han resumido en la Tabla 4, aunque las más comunes son depósito, donación y recolección.

Cuando se aceptan especímenes en custodia (QUINTANA JIMÉNEZ, 2008) se debe elaborar un acuerdo escrito entre el depositario y la institución, especificando los compromisos de permanencia, usos y responsabilidades durante la guarda. Si se trata de depósitos judiciales, además de los documentos de aceptación

¹ Ley 16/1985 de 25 de junio del Patrimonio Histórico Español, el *Real Decreto* 111/1986, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la Ley 16/1985, el *Real Decreto* 620/987 de 10 de abril por el que se aprueba el Reglamento de Museos de Titularidad Estatal y el Sistema Español de Museos.

Tabla 4. Posibles formas de ingreso en Colecciones de Tejidos y ADN (modificado de CÁMARA, 2009).

Asignación por	
1	Apremio sobre el patrimonio
2	Compra
3	Dación en pago de impuestos
4	Depósito o decomiso
5	Donación

../..

Tabla 4. *Continuación.*

	<p>integrantes del PHE que se realicen por personas físicas o jurídicas, a favor de las entidades que tengan la consideración de beneficiarias del mecenazgo, entre las cuales se encuentran los museos de titularidad pública estatal, autonómica y local. La competencia para la valoración económica de los bienes donados, a efectos de la aplicación de la ley, le corresponde a la Junta de Calificación, Valoración y Exportación de Bienes del PHE.</p> <p>Las donaciones de especímenes a colecciones, incluidas las Colecciones de Tejidos y ADN, podrían ser utilizadas para obtener desgravaciones fiscales sólo en el caso en que se demuestre que su obtención y mantenimiento no fue financiada con dinero público y que los permisos de colecta emitidos por las administraciones competentes no se pronuncien en sentido contrario.</p>
6	Excavación <p>Los restos arqueológicos y paleontológicos (definidos en los arts. 40 a 45 de la <i>Ley 16/1985</i> de PHE) son competencias asumidas por la Comunidades Autónomas y, por lo tanto, son estas las que determinarán el lugar de destino de dichos bienes. Sólo si el ingreso del bien se produjo con anterioridad a la fecha en que las Comunidades Autónomas asumieron dichas competencias en esta materia, o cuando responde a lo establecido en el art. 6b de la <i>Ley 16/1985</i> de PHE, los bienes obtenidos por estas actividades podrán ser asignados a colecciones estables de los museos de titularidad estatal. Si una Comunidad Autónoma establece que dichos bienes ingresen en museos de titularidad estatal, según lo dispuesto en el art. 9.1b del Reglamento de Museos, lo harán siempre como depósito de la Comunidad Autónoma. Los ácidos nucleicos u otras moléculas obtenidas a partir de este tipo de restos arqueológicos y paleontológicos, a falta de regulación más específica, deben asumir esta normativa.</p>
7	Expropiación <p>El Título IV de la <i>Ley 16/1985</i> de PHE la establece como posible medida de protección de los bienes.</p>
8	Herencia, legado, sucesión intestada o abintestato <p>La herencia es el conjunto de bienes, derechos y obligaciones que, por causa de muerte de una persona, son transmisibles a terceros.</p>
9	Ordenación de las colecciones <p>La ordenación de colecciones o cambio de adscripción de los bienes de una institución pública, supone el cambio en la titularidad del bien, de un museo a otro, por desglose o reordenación de sus colecciones, o entre instituciones de diverso cariz (una de ellas de carácter museológico); en este caso, el objeto –generalmente material científico-técnico que ha quedado obsoleto– se incorpora a una colección de valor patrimonial, una vez perdido su antiguo uso.</p>
10	Permuta <p>El art. 1.538 del C.c. define el concepto de permuta. Sin embargo, hay que tener en cuenta que cuando se trata de bienes que forman parte del Patrimonio Histórico Español, y por tanto</p> <p style="text-align: right;">..//..</p>

Tabla 4. *Continuación.*

	<p>sometidos al régimen de protección establecido en esta <i>Ley 16/1985</i>, estos bienes son inalienables e imprescriptibles, con las excepciones que la propia ley establece, esto es, las transmisiones que efectúen entre sí las Administraciones Públicas (art. 28.2) y la posibilidad de concertar permuta de bienes con otros Estados al menos de igual valor y significado histórico (art. 34).</p>
11 Usucapión o prescripción adquisitiva	<p>Este procedimiento administrativo permite resolver situaciones producidas por la falta de una documentación adecuada, el paso del tiempo, etc. El C.c en el Título XVIII, desde el art. 1930 en adelante, prevé la posibilidad de adquisición del dominio y demás derechos reales. En su art. 1940 indica que para la prescripción ordinaria del dominio y demás derechos reales se necesita poseer las cosas con buena fe y justo título por el tiempo determinado en la ley. En el art. 1955 dice que el dominio de los bienes muebles se prescribe por la posesión no interrumpida de tres años con buena fe y por la posesión no interrumpida de seis años, sin necesidad de ninguna otra condición.</p>
12 Reintegración	<p>Puede ocurrir que fragmentos individuales inventariados independientemente, que mediante estudios llevados a cabo con posterioridad se considere que forman parte de un mismo objeto, lleguen a tener individualidad propia. Así, tendríamos una serie de fragmentos que habría que dar de baja y un nuevo objeto que habría que dar de alta por reintegración.</p>
13 Recolección	<p>Los ejemplares obtenidos mediante técnicas de muestreo durante trabajos de campo, expediciones o proyectos de investigación realizados con financiación pública o privada y ejecutados por el personal adscrito a las instituciones que mantiene colecciones de ciencias naturales (con independencia de la categoría laboral), como museos de titularidad estatal y sus organismos autónomos y públicos. Requiere permisos específicos emitidos por la autorización administrativa competente en relación a las normativas vigentes de medio ambiente y comercio (cuando se trata de importación). Cuando sea necesario también se deberá obtener la autorización administrativa sanitaria y cualquier otra requerida dependiendo del tipo de colecta, como por ejemplo la autorización de los comités de ética en materia de manipulación y bienestar animal.</p>

propios de la institución, se debe firmar la correspondiente cadena de custodia. En este último caso, la elección de medios de preservación y mantenimiento corresponde a la institución, pero si se quiere efectuar algún proceso sobre los precintos (por razones exclusivamente técnicas para garantizar la seguridad de conservación) o en caso de duda sobre la forma de cumplir con la obligación de

guarda, siempre se debe informar a la autoridad competente y esperar la correspondiente autorización o respuesta (QUINTANA JIMÉNEZ, 2008). El artículo 628 de la *Ley 1/2000* de 7 de enero, de Enjuiciamiento Civil, determina que el depositario tendrá derecho al reembolso de los gastos ocasionados por la conservación.

5.1.2. Origen de los fondos

Con independencia de las formas de ingreso, el origen de los fondos más habitual de los biobancos de Historia Natural proviene de las recolecciones efectuadas durante trabajos de campo, expediciones o proyectos de investigación, de donaciones de instituciones de conservación o particulares y decomisados. Pero además, desde hace una década se están incrementando los fondos a partir de muestras obtenidas de los especímenes conservados en colecciones clásicas.

5.1.2.1. RECOLECCIÓN

Comprende técnicas de muestreo por las que se obtienen muestras representativas de especímenes, en ocasiones estadísticamente significativas, utilizadas para inventariar la biodiversidad de una zona o inferir el valor de una o varias características del conjunto, complementadas por técnicas de recogida de información geográfica, física y química del medio natural del que son extraídas. Existen numerosas técnicas de muestreo de fauna y flora y hacer referencia concreta de ellas se aleja de los objetivos de esta memoria. Aunque existe copiosa bibliografía sobre las diferentes técnicas de colecta de los múltiples y diferentes grupos de organismos, nos gustaría hacer mención expresa del trabajo de recopilación efectuado durante el proyecto “Towards the European Distributed Institute of Taxonomy” (EDIT) (Comisión Europea Ref. CE: 018340-2), donde un grupo de expertos realizó la tarea de conjugar un manual, contenido en dos volúmenes, que incluye las técnicas de colecta de Invertebrados, Vertebrados y Plantas desde ambientes terrestres a marinos (EYMAN ET AL., 2010); además, un capítulo concreto está dedicado al muestreo y preservación en el campo de especímenes y tejidos para análisis moleculares (GEMEINHOLZER ET AL., 2010).

Los especímenes o las muestras son de naturaleza orgánica, y por tanto perecedera, y tienen obligatoriamente que ser sometidos a procesos de preparación, fijación o congelación, para evitar su deterioro o pérdida. En el medio natural, puede haber un acceso limitado a materiales y equipos, por lo que se suele recurrir a una preservación provisional o temporal con métodos más simples, que son útiles *in situ* y durante el transporte hasta las colecciones o laboratorios donde se procederá a su preservación definitiva.

Las muestras para los biobancos se pueden obtener a partir de ejemplares sacrificados (músculo esquelético o liso, gónadas, hígado, corazón, riñón, pulmón o cerebro) o manipulados (muestras invasivas como biopsias, piel, sangre, semen). La recogida de muestras en numerosos grupos de Invertebrados implica habitualmente el sacrificio del espécimen. En la actualidad numerosos proyectos trabajan con muestras no invasivas, en especial si afectan a especies en peligro de extinción. Bajo esta definición se reúnen aquellas muestras que se obtienen de manera que no se ocasiona la muerte, perjuicio e incluso molestias a la fauna o la flora. En plantas se realiza tomando unas cuantas hojas, exudados o pericarpio y en animales mediante frotis de epitelios blandos con torundas, mudas, heces, marcas olfativas, cáscaras de huevos, pelo, plumas, uñas, escamas, valvas perdidas por los animales. Los diferentes tipos de tejidos desde los que se pueden obtener ácidos nucleicos se resumen en la Tabla 5, donde además se indican publicaciones en las que aparece citado cada tipo de recurso.

Durante la vida celular, la integridad molecular se mantiene por procesos de autorregulación fisiológicos y homeostáticos, por ejemplo la réplica exacta de las moléculas de ADN se mantiene por procesos de reparación enzimática (SANCAR *ET AL.*, 2004), pero cuando muere un organismo cesan estos mecanismos. Ante la imposibilidad de mantener la integridad de las membranas plasmáticas se produce la rotura de los orgánulos citoplasmáticos y comienza la desnaturalización de proteínas y ácidos nucleicos por acción de los lisosomas (HUMASON, 1967). En estas condiciones los diferentes tipos de tejidos pueden sobrevivir un tiempo limitado, dependiendo de su composición. Por ello, es recomendable que el muestreo de tejido se realice lo antes posible y previo a que sobrevenga la muerte celular y la degradación molecular. Cuando se tiene que muestrear tejido para la obtención de ácidos nucleicos a partir de animales en avanzado estado de descomposición se recomienda recoger tejidos que resistan la degradación por su escaso contenido de agua, por ejemplo en Vertebrados se utiliza hueso o uña.

Los tejidos pueden preservarse en fluidos (utilizando tampones de preservación de campo), o bien en condiciones de refrigeración (máximo 5 °C) o de congelación (hielo, hielo seco o nitrógeno líquido). Para el transporte de tejidos refrigerados cuya finalidad son los cultivos celulares existen medios de conservación específicos preparados a partir de medio independiente de CO₂ suplementado con suero fetal bovino inactivado, antibióticos y antifúngicos (CRESPO, 2009).

Se recomienda que los colectores de cualquier tipo de muestras contacten primero con las personas al cargo de su futura conservación o con las que van a realizar los análisis concretos en cada estudio, para establecer el tipo y número de

Tabla 5. Resumen de diversas fuentes de ADN con bibliografía, modificada de (SHERWIN, 1991).

Animales	Tejido	Bibliografía
Muestras invasivas o necropsias	Músculo	ALJANABI & MARTÍNEZ, 1997 PÄÄBO, 1989
	Sangre	HUBEL <i>ET AL.</i> , 2011 SMITH & BURGOYNE, 2004
	Semen	WALSH <i>ET AL.</i> , 1991 CHAPUISAT, 1998 LOPEZ <i>ET AL.</i> , 1999
	Hueso	HÖSS & PÄÄBO, 1993 YANG <i>ET AL.</i> , 1998 IUDICA <i>ET AL.</i> , 2001
	Piel-Punta de oreja	SPOTORNO <i>ET AL.</i> , 2004
	Piel-Crotal en oreja	SOULSBURY <i>ET AL.</i> , 2007
	Piel-Punta de cola cortada	AUSTIN <i>ET AL.</i> , 2004 AUSTIN & ARNOLD, 2006
	Almohadillas plantares	GONZALEZ <i>ET AL.</i> , 2004
	Cerebro	GALL <i>ET AL.</i> , 1993
Preparaciones histológicas		
Muestras no invasivas	Pelo	GILBERT <i>ET AL.</i> , 2007b
	Plumas	TABERLET & BOUVET, 1991
	Uñas	KANESHIGE <i>ET AL.</i> , 1992
	Escamas	NIELSEN <i>ET AL.</i> , 1997, 1999
	Orina	HEDMARK <i>ET AL.</i> , 2004 HUBEL <i>ET AL.</i> , 2011
	Saliva	SUNDQVIST <i>ET AL.</i> , 2008 HUBEL <i>ET AL.</i> , 2011
	Marcas olfativas	MALHERBE <i>ET AL.</i> , 2009
	Excrementos	TABERLET <i>ET AL.</i> , 1996 REY <i>ET AL.</i> , 2000 RUSELLO <i>ET AL.</i> , 2004 JANECKA <i>ET AL.</i> , 2008
	Egagrópilas	TABERLET & FUMAGALLI, 1996
	Torundas epiteliales	LUCENTINI <i>ET AL.</i> , 2006 CAMPANELLA & SMALLEY, 2006
	Cáscaras de huevo	PEARCE <i>ET AL.</i> , 1997
	Plumas	BUSH <i>ET AL.</i> , 2005 OSKAM <i>ET AL.</i> , 2010
	Mudas o exuvias	WATTS <i>ET AL.</i> , 2005 FEINSTEIN, 2004
	Punta de alas	CHÂLINE <i>ET AL.</i> , 2004
	Conchas, valvas	ARMBRUSTER <i>ET AL.</i> , 2005
	Periostraco, ligamentos	STRUGNELL <i>ET AL.</i> , 2006 DOHERTY <i>ET AL.</i> , 2007 GEIST <i>ET AL.</i> , 2008
Colecciones clásicas	Músculo	GILBERT <i>ET AL.</i> , 2007a ZAKHAROV <i>ET AL.</i> , 2000
	Piel	BI <i>ET AL.</i> , 2013

..//..

Tabla 5. *Continuación.*

Plantas	Tejido	Bibliografía
	Hojas, flores	DOYLE & DOYLE, 1987 KHANUJA <i>ET AL.</i> , 1999
	Semillas	ROGERS & BENDICH, 1985 KANG <i>ET AL.</i> , 1998
	Exocarpo	YOSHIDA-YAMAMOTO <i>ET AL.</i> , 2010
	Madera	ASIF & CANNON, 2005 RACHMAYANTI <i>ET AL.</i> , 2009 JIAO <i>ET AL.</i> , 2012
Colecciones clásicas	Herbarios	ROGERS & BENDICH, 1985

muestras o especímenes y los métodos precisos de recolección y conservación requeridos. Por ejemplo, la congelación es un buen método para preservar especímenes para la extracción de biopolímeros o ácidos nucleicos, pero puede arruinar el tejido para un examen histológico detallado. La fijación en formol al 10 % tamponado es adecuada para numerosas técnicas histológicas, pero a partir de dichas muestras no se puede aislar ningún patógeno vivo para la identificación de enfermedades y resulta complicada la amplificación de ácidos nucleicos. El tipo de envase utilizado puede invalidar los resultados de algunos análisis toxicológicos.

El plan de muestreo depende de la hipótesis que se quiera comprobar, es básico cuando se trata de estimar la distribución espacial o temporal de las especies o su censo (TELLERÍA, 1986) y es muy útil cuando estima el número concreto de muestras, pues facilita la organización de material fungible e infraestructura precisas para su preservación y asimilación posterior. Cuando las capturas son coordinadas conjuntamente con la colección hospedante, se puede planificar la colecta utilizando sus estándares definitivos para reducir el esfuerzo de asimilación y por lo tanto la inversión económica.

La toma de muestras se debe realizar siempre con los permisos específicos exigidos por la legislación vigente en cada lugar y cumpliendo con los códigos éticos correspondientes.

Para minimizar la inversión económica y el tiempo dedicado a gestionar los permisos necesarios existe la tendencia, en la actualidad, de realizar grandes campañas de recolección que no se centran en una sola especie sino en diferentes filos, denominadas con el acronimo ATBI que deriva de *All Taxa Biodiversity Inventory* o inventarios de biodiversidad de todos los taxones (WAGNER, 2004); se efectúan por ejemplo en áreas concretas poco conocidas

para completar los vacíos en las colecciones existentes a nivel global (DESSAUER *ET AL.*, 1990; DUARTE, 2006; BOUCHET *ET AL.*, 2009). De este tipo de campañas se recoge información en revistas, como *ATBI Quarterly*, o páginas web, como <http://www.atbi.eu/mercantour-maritime/>.

5.1.2.2. DONACIONES

Las donaciones pueden ser realizadas por instituciones de conservación públicas o privadas (como centros de recuperación de administraciones públicas o autonómicas, zoológicos o acuarios), ONGs y por particulares. Debe ser considerada su importancia tanto en términos científicos como económicos, pues evitan un gasto que en muchos casos no sería asumible y permiten acceder a especies sobre las que difícilmente se obtienen permisos de muestreo.

Los centros de recuperación habitualmente sólo trabajan con especies incluidas en categorías de máxima protección, mayoritariamente de Aves y Mamíferos, que se han herido en accidentes o catástrofes (un buen ejemplo, el hundimiento del *Prestige*, es examinado en GARCÍA, 2003), o están enfermas. Conseguir acuerdos con estos centros conlleva ventajas como la obtención de especies de difícil acceso, aunque la lista de especies está limitada a fauna en peligro de extinción o vulnerable. Trabajando con este tipo de instituciones se da una curiosa paradoja: se consiguen especies que de otra forma no se podrían obtener, pero se carece de especies muy comunes, como Paseriformes o Roedores. Otra ventaja importante la constituye la distribución de estos centros por Comunidades Autónomas, que permite conseguir muestras poblacionales de diversas áreas geográficas. Las muestras procedentes de estos centros se obtienen por biopsias durante las operaciones quirúrgicas y las evaluaciones de los tratamientos o mediante necropsias de cadáveres, cuando inevitablemente algunos animales mueren.

En los zoológicos, acuarios y jardines botánicos las muestras que se pueden obtener son muy valiosas, pues algunas de ellas pertenecen a especies en peligro de extinción que forman parte de proyectos de cría en cautividad –como por ejemplo la pantera de la nieve, *Uncia uncia* (Schreber, 1775)– o de conservación de flora endémica –por ejemplo, de los archipiélagos atlánticos de Macaronesia: Azores, Madeira, Canarias y Cabo Verde–, o son de especies vulnerables o de procedencia remota. Por otro lado, estas instituciones mantienen en gran medida animales colectados en su medio ambiente y no criados en cautividad y aunque el número de especies es limitado interesan por esa condición y suelen pertenecer a grupos animales como Anfibios, Peces e Invertebrados.

Las ONGs de conservación –dirigidas hacia temas concretos, por ejemplo conservación de rapaces (GREFA) o conservación de cigüeña (ANSAR Zaragoza)– proporcionan muestras igualmente únicas, facilitando un número estadísticamente significativo de poblaciones concretas y bien conocidas.

Las donaciones de particulares incluyen material reunido por la actividad privada de un investigador, equipo de investigación o coleccionista que ha sido conservado y gestionado por sus propietarios durante un periodo más o menos largo, con financiación pública o privada. En ocasiones es posible que los especímenes donados hayan sido sometidos a procesos de preservación definitivos.

5.1.2.3. DEPÓSITOS

Los más comunes son los depósitos judiciales, material decomisado o incautado por delitos contra el medio ambiente o por contrabando. Proceden de mandatos judiciales o de instituciones como el Servicio de Protección de la Naturaleza (SEPRONA), de la Guardia Civil; la Autoridad Administrativa CITES o la Agencia Estatal de Administración Tributaria (AEAT), encargadas de la gestión aduanera, que controla el tráfico ilegal de especies con interés comercial. Su finalidad habitual es la custodia, pero en ocasiones (cuando finalizan los procesos judiciales) la colección que guarda ese material puede ser designada como depositaria definitiva.

5.1.2.4. COLECCIONES CLÁSICAS

Las colecciones, tanto científicas como de exhibición, que son mantenidas por museos, herbarios, instituciones de investigación, institutos o universidades, están siendo utilizadas con mucha frecuencia para obtener material genético para estudios moleculares (lo que también se denomina *ancient DNA*).

Pero el muestreo de este tipo de material supone agresión o destrucción parcial o total del espécimen, ya que se tiene que retirar un fragmento de piel, hueso, pelo, pluma, músculo seco o en fluido, que afectará en mayor o menor medida, dependiendo del tamaño del ejemplar, y en cualquier caso se debe elegir una zona que no contenga caracteres de interés taxonómico. Cuando el espécimen es muy pequeño la extracción puede suponer su completa destrucción como espécimen morfológico. Esto también ocurre con colecciones histológicas (de gónadas, por ejemplo), cuyos protocolos de fijación y preparación permitan su utilización para extraer ácidos nucleicos.

Se recomienda que cuando se hace una intervención sobre un espécimen histórico las condiciones del préstamo sean más rigurosas y se requiera a los pres-

tatarios los fragmentos sobrantes de tejido o los remanentes de ADN extraído (véanse el apartado 5.3.3. y el APÉNDICE VIII) y, siempre que sea posible, se tome suficiente cantidad de muestra, primero para satisfacer este tipo de solicitud y segundo para dejar su custodia a una Colección de Tejidos y ADN, por las siguientes razones:

- Se disminuye el riesgo de deterioro del espécimen morfológico, por intervención de la pieza, al conseguir suficiente material para ulteriores solicitudes y que además puede ser utilizado como testigo o dirimente en caso de protestas o incongruencias por parte de los investigadores solicitantes.
- Se garantiza que, si contiene ácidos nucleicos u otras moléculas, éstas se conserven en condiciones idóneas y específicas para este tipo de material, independientes de los procesos curativos o de restauración que puedan sufrir los especímenes morfológicos.
- Puede servir para mejorar la información de la propia colección, por ejemplo identificando el sexo de los especímenes, si no se conoce, o identificando especies crípticas aún por descubrir.

5.1.3. Criterios de admisión

Sólo una parte de todos los ejemplares o muestras que llegan hasta una institución puede o debe ser aceptada por diversas razones, como legalidad, interés científico, estado de conservación, idoneidad o limitaciones logísticas, pero siempre con la máxima que la conservación del patrimonio es lo primero.

La admisión debe estar en consonancia tanto con el valor científico y económico, como con la política de colecciones de la institución. La necesidad de incrementar las colecciones debe estar dirigida por una política de adquisiciones elaborada y clara que ayude a evitar situaciones comprometidas.

Una nueva adquisición implica aumento del presupuesto para su asimilación, gestión y conservación preventiva, además de la necesidad de espacio. La gestión y conservación no son baratas; para tener una idea relativa se puede observar la Tabla 6, donde se estima el gasto medio por espécimen y año para cada tipo de colección, calculado a partir de los gastos generales de colecciones en el MNCN entre 2003 y 2007, recogidos en el Plan Estratégico 2010-2013, y los gastos contables incluidos en el presupuesto del MNCN de junio de 2010 (SANTOS MAZORRA & REY, en prensa). Pero además, se deben tener en cuenta valores como:

Tabla 6. Gasto medio por ejemplar y año de las colecciones del MNCN.

Colección	€
Anfibios y Reptiles	1,471
Aves y Mamíferos	1,364
Invertebrados	0,676
Tejidos y ADN	0,412
Peces	0,218
Entomología	0,137
Paleontología	0,092
Malacología	0,071
Geología	0,016

- El gasto público o privado invertido en expediciones o proyectos de investigación donde se recolectan organismos es muy importante.
- El valor de acceso a especímenes de difícil obtención tanto por la necesidad de grandes infraestructuras para su recolección (expediciones oceanográficas) como por su dificultad física (cuevas).
- El valor científico representado por la inversión económica, temporal y humana necesaria para la formación de especialistas para el estudio de los especímenes, independientemente del área de trabajo y por los beneficios derivados de dicho conocimiento.

Si se sopesa, parece obvio que la obtención de colecciones es mucho más costosa que su mantenimiento. A pesar de ello, en ocasiones es complicado discernir qué especímenes tienen alguno de los valores mencionados frente a los que carecen de él y por ello se deben establecer unos criterios de aceptación claros que pueden clasificarse en dos grupos: generales y particulares de las Colecciones de Tejidos y ADN.

5.1.3.1. CRITERIOS GENERALES

Para que se pueda llevar a cabo esta tarea es necesario utilizar criterios no arbitrarios tales como: **(1)** tener claro cuáles son los objetivos de la institución; **(2)** tener actualizadas las bases de datos para conocer las carencias de especies, poblaciones y número de ejemplares; el número de ejemplares debe representar



Tubos con ADN en etanol absoluto, en la última fase de un proceso de extracción.
Fotografía: Isabel Rey.

la variabilidad intra e interpoblacional de forma significativa, además de considerar la distribución de sexo o edad; **(3)** exigir la documentación que garantice la legalidad; **(4)** discernir si su estado de preservación es óptimo para la finalidad que se le asignará y para soportar las técnicas de conservación que se le han de aplicar y si realmente podrá dar servicio a los usuarios y **(5)** evaluar si se dispone de presupuesto e instalaciones para su preparación, asimilación y conservación.

5.1.3.2. CRITERIOS PARTICULARES DE LAS COLECCIONES DE TEJIDOS Y ADN

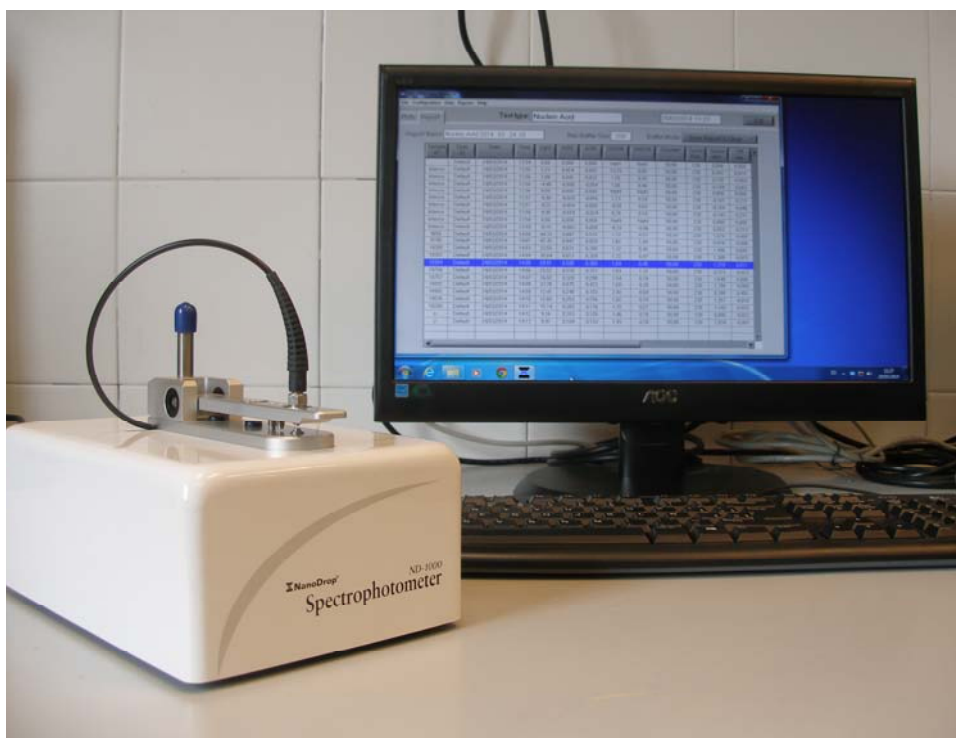
Los criterios de aceptación específicos implican que las nuevas muestras deben cumplir con una serie de requisitos: que estén documentadas; que lleven identificación taxonómica; que tenga unas cantidades mínimas, en el caso de los tejidos, y una concentración determinada, si se trata de ácidos nucleicos; que carezcan de contaminantes y que dispongan de un historial de preservación o extracción si han sido procesados. A continuación se especificarán con detalle estas características:

5.1.3.2.1. Documentados. Los especímenes que se conservan en las Colecciones de Tejidos y ADN (por su interés como base de investigaciones actuales y futuras en el campo de la zoología o de la botánica), son una entidad real situada en un momento del tiempo y del espacio y, por lo tanto, cuanto más detallada sea su documentación más valor tiene el espécimen, porque dicha información puede dar respuesta al cómo, dónde y porqué de estas entidades, aunque sólo sean tejidos o ácidos nucleicos (REMSSEN, 1977; CANFIELD, 2011). Además, incluyen información administrativa como permisos de colecta, importación, documentos veterinarios, documentos de cesión y, cuando provienen de colecciones clásicas, el número de catálogo y el acrónimo de la colección de ori-

gen. Por lo tanto, cada espécimen debe estar acompañado de información, que debe estar relacionada por medio de etiquetas que garanticen su asociación.

5.1.3.2.2. Cantidad mínima de tejido. Es un problema típico en Invertebrados de pequeño tamaño donde el volumen extraído y la concentración están limitados, debido a que la extracción se hace sobre pequeños fragmentos para no comprometer la integridad de sus caracteres morfológicos diagnósticos. Cuando el ejemplar tiene un tamaño inferior a 4 mm² se tiene que tomar la decisión de usarlo para la obtención de ácidos nucleicos o no. Para salvar el espécimen para usos morfológicos y a la vez aumentar la cantidad de tejido de partida sobre el que efectuar la extracción de ADN, se podrían utilizar micromanipuladores acoplados a microscopios para obtener fibroblastos (células constitutivas de tejido conectivo), para conseguir a partir de ellos un cultivo primario que permita aumentar la cantidad de tejido de partida para la extracción de ácidos nucleicos (CLAYDON, 2009; CRESPO, 2009). Este problema también se presenta cuando se trabaja con pequeñas biopsias de especies en peligro de extinción, como el lince ibérico (CRESPO, 2009), o con muestras no invasivas, donde la extracción se realiza sobre unas pocas decenas de células.

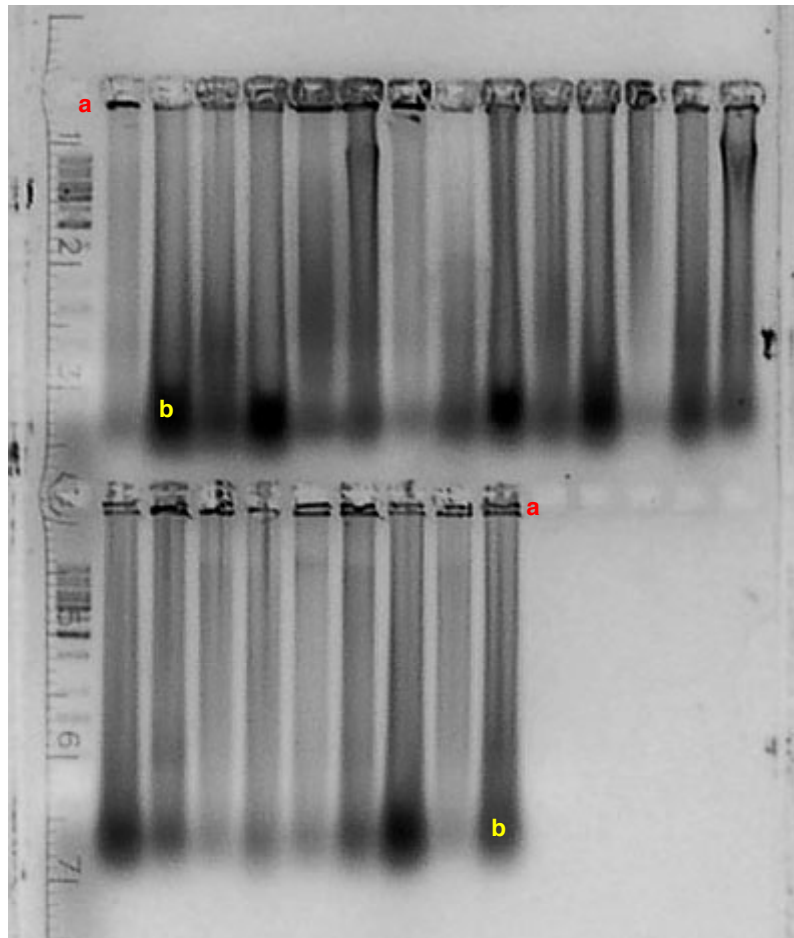
Cada vez con más frecuencia se descubren especies diferentes que habían sido catalogadas bajo la misma denominación específica, y que al ser analizadas por ADN en estudios de Filogenia molecular han resultado ser taxones distintos. Es decir, por semejantes que sean sus fenotipos sus distancias genéticas indican que existe un aislamiento reproductivo. Son las especies denominadas gemelas o crípticas (MAYR, 1942, 1970; STEYSKAL, 1972; KNOWLTON, 1986, 1993; MACPHERSON & MACHORDOM, 2005; PUILLANDRE *ET AL.*, 2011), aquellas que, atendiendo a su morfología, biogeografía, comportamiento u otros caracteres, no han podido separarse a nivel taxonómico. Decidir si un espécimen se usa para morfología o ADN constituye un problema real que condiciona de forma decisiva el trabajo taxonómico y la descripción de nuevas especies. Por otro lado, el ADN extraído de estos nuevos taxones debe ser colocado en colecciones de referencia, en instituciones donde pueda ser consultado; pero en muchos casos puede existir poco volumen y concentración y, por lo tanto, su uso en estudios posteriores compromete su conservación futura al correr el riesgo de que se agote. Este problema plantea un dilema para las Colecciones de Tejidos y ADN, por un lado, la conservación de este tipo de material está justificada por su interés científico y parece necesario que sea depositado en instituciones científicas pues constituye el aval de las correspondientes publicaciones. ¿Cómo debería gestionarse su uso? Dicho ADN podría agotarse con un solo usuario, entonces ¿se debería uti-



Espectrofotómetro (NanoDrop ND-1000) con el que se puede calcular la concentración de ADN de cadena sencilla o doble, ARN y proteínas a partir de un volumen muy pequeño de muestra (1 μ l). Fotografía: Beatriz A. Dorda.

lizar?, ¿cuáles serían las alternativas?, ¿se debería facilitar sólo cuando nuevas técnicas disponibles (como la secuenciación masiva) garanticen la obtención de la mayor información del máximo porcentaje de su genoma? En definitiva, la respuesta a estos interrogantes varía y existen actitudes contrapuestas, con poca bibliografía a la que podamos hacer referencia. En el caso de la Colección de Tejidos y ADN del MNCN, este tipo de especímenes son aceptados y por el momento, su uso está sometido a requisitos más restrictivos, semejantes a los que se necesitan con las solicitudes del ADN antiguo (*ancient DNA*).

5.1.3.2.3. Calidad y cantidad de ácidos nucleicos. En general, dependen de la cantidad de muestra utilizada para su extracción, el tipo de tejido, el método de extracción utilizado, el método de conservación y la edad de la muestra. Se puede evaluar la cantidad y calidad del extracto de ADN. La cantidad se puede medir por



Visualización de una extracción de ADN genómico sobre gel de agarosa, donde se pueden observar bandas de elevado peso molecular, que corresponden a ADN nuclear (bandas gruesas junto al pocillo, marcadas con a), y bandas de ARN de peso molecular muy variable, que aparecen como una cinta gris con intensidad degradada (el mayor acúmulo de este tipo de ácidos nucleicos se señala con b). Fotografía: Isabel Rey.

espectrometría de absorción, de fluorescencia (fluorimetría o espectrofluorimetría), sobre geles de agarosa por comparación con estándares comerciales de tamaño y concentración y por PCR cuantitativa. La calidad se puede observar por electroforesis en gel o capilar y por PCR cuantitativa. Si el ADN está muy fragmentado se obtienen cientos de fragmentos de ADN de diferente tamaño que se visualizan como un degradado de diferente intensidad que incluye fragmentos con pesos moleculares muy elevados hasta muy pequeños (100 pb).

Hay factores que pueden provocar daños físicos o químicos en los ácidos nucleicos, por ejemplo el ADN puede ser absorbido por los plásticos de los tubos que lo conservan, y también se puede degradar con los procesos de congelación-descongelación (véase 5.1.1.2.).

Si la muestra de ADN está muy dañada puede no aceptarse, pero la decisión dependerá del valor científico de la especie, pensando en la posibilidad que técnicas futuras puedan solventar o minimizar dichos problemas.

5.1.3.2.4. Autenticación. Cuando se trata de donaciones de especímenes completos, en las colecciones clásicas, a menudo resulta fácil identificar el taxón, por comparación de caracteres morfológicos con guías apropiadas o con ayuda de un experto. Pero, cuando se trabaja con colecciones de tejido y ADN, la falta de información taxonómica sólo se puede solventar realizando la identificación por técnicas moleculares, hecho que puede acarrear un coste muy elevado.

5.1.3.2.5. Control de contaminación. Las muestras de tejido se pueden contaminar durante las colectas en el campo, durante los procesos de laboratorio o durante el almacenamiento (véase 5.1.1.2.); los extractos de ADN, en estos dos últimos casos. Hay que poner especial interés en estos aspectos, por lo que siempre es recomendable trabajar con prácticas de trabajo estandarizadas (OECD, 2007a; ISBER, 2008, 2012), pues las contaminaciones suponen una pérdida de tiempo, dinero y esfuerzo personal y, lo que resulta más importante, pueden provocar resultados experimentales imprecisos o erróneos, además de pérdida de material valioso.

La contaminación durante el trabajo de colecta se puede evitar cumpliendo protocolos de trabajo específicos para cada tipo de colección (Vertebrados, Invertebrados, plantas, microorganismos). Las más habituales son contaminaciones cruzadas con ADN humano o de otras especies con las que se trabaja en el mismo lugar, o por esporas o polen transportados por el aire. La contaminación con ADN exógeno se puede producir por contacto directo con superficies o materiales contaminados o por aerosoles que se forman en la zona de trabajo y que son movidos por corrientes de aire. Este tipo de contaminación se detecta fácilmente por técnicas moleculares. El trabajo debe ser ordenado y meticuloso para evitar mezclas entre especies diferentes, por ejemplo, impidiendo el intercambio de cuchillas, pinzas, tapones o tubos manchados de sangre u otros fluidos. Además, el tejido puede contener parásitos internos o externos que pueden a su vez ser incluidos por azar en la muestra; hay que ser cuidadosos para evitarlos, siempre que sean visibles.

Las muestras también pueden contaminarse con productos químicos, inhibidores de las técnicas moleculares (por ejemplo, ácidos húmicos del suelo o colorantes de la ropa). La contaminación química se describe como la presencia de cualquier sustancia no viva que provoca efectos no deseables durante la extracción, amplificación o almacenamiento. Resulta más difícil de descubrir y en ocasiones puede confundirse con otros problemas técnicos.

Cuando se cultiva tejido pueden ocurrir contaminaciones por bacterias, Hongos (levaduras y mohos), micoplasmas y virus. Hongos y bacterias pueden ser detectados por observación directa bajo lupa y microscopio convencional (RYAN, 2008), pero virus y micoplasmas sólo son detectables por técnicas moleculares o Microscopio Electrónico de Barrido (SEM).

En los depósitos la contaminación más habitual está producida por mohos, si no se controlan humedad y temperatura (véase 5.1.2.1) y no se trabaja con estándares rigurosos de esterilidad o desinfección. Suelen recubrir amplias superficies, se diseminan fácilmente por manipulación y pueden penetrar en tubos mal cerrados o durante su apertura. Afectan tanto a extractos de ADN como a muestras de tejidos, degradándolos y contaminándolos con su propio ADN y dificultando o imposibilitando el trabajo posterior con dichos especímenes. Aceptar una colección afectada por Hongos, conlleva un riesgo muy elevado para la integridad del resto de la colección. La presencia de Hongos es razón suficiente para no aceptar la donación.

5.1.3.2.6. Métodos de preservación de tejidos y extracción de ácidos nucleicos. Las colecciones de muestras conservadas en disoluciones de formol o formalina (disolución acuosa al 40% de formaldehído, FOX ET AL., 1985) constituyen un ejemplo representativo, se sabe que el uso de este tipo de disoluciones imposibilita o hace muy penosa la amplificación de ADN (CRISAN ET AL., 1990; TOKUDA ET AL., 1990; SAVIOZ ET AL., 1997; SHEDLOCK ET AL., 1997; WIRGIN ET AL., 1997; CHASE ET AL., 1998; ALMODÓVAR ET AL., 2000; FANG ET AL., 2002; SHI ET AL., 2004; GARCÍA ET AL., 2006; HAN ET AL., 2009; PALERO ET AL., 2010; ZHANG, 2010). Sería muy interesante (aunque de momento resulta ilusorio), que junto con las muestras se adjuntara información de la composición de los tampones utilizados para su fijación, extracción y preservación. Existen métodos de extracción que son muy rápidos o baratos pero que degradan el ADN después de un tiempo determinado (SAINI ET AL., 1999). En ocasiones los donantes exigen que sus materiales sean conservados de una forma concreta que a menudo no coincide con los estándares recomendables para ello. Ante esta disyuntiva, es trabajo de los con-

servadores evaluar los beneficios o perjuicios de su aceptación, además de estimar el coste económico concreto.

Una vez que un ingreso es evaluado se debe realizar un informe explicando las razones de su aceptación o rechazo; además, cuando es aceptado se debe elaborar un acuerdo (contrato) escrito entre los titulares que realizan el ingreso y la institución receptora, donde se ceden los derechos de decisión de usos ulteriores a los responsables de dicha institución, bajo los acuerdos legales que se concreten, sin olvidar los acuerdos ABS por los que se obtuvieron las muestras. A este acuerdo escrito se denomina **documento de adquisición** y su firma implica la transferencia de responsabilidad de conservación a la institución receptora. Cuando se acepta una adquisición se asume que se debe conservar dicho material según los objetivos marcados por la política de colecciones de la institución, así como por la legislación y convenios nacionales e internacionales. Con estas condiciones, los procesos que se efectúen sobre los especímenes dependen exclusivamente de la institución. Hay que tener en cuenta que cuando se aceptan ejemplares con datos publicados, el museo depositario de tal material, acepta la responsabilidad de su condición de resguardo para posibles verificaciones (BARKWORTH & JACOBS, 2001; WHEELER, 2003) y, por lo tanto, se compromete a garantizar su conservación y disponibilidad en el mismo estado que en el momento del ingreso.

En ocasiones se pueden aceptar condiciones, que deben especificarse y conservarse por escrito, por las cuales los investigadores mantienen un control sobre el acceso a las muestras durante un tiempo determinado. Esta excepción tiene que estar consensuada en la política de colecciones de la institución. El límite de tiempo debe ser propuesto por el colector o equipo investigador y debe ser aceptado por la institución receptora. Las excepciones más importantes se sintetizan en:

1. Restricción: el colector o donante tiene derecho a restringir el acceso electrónico o físico a sus muestras durante un tiempo determinado, porque las mismas estén en proceso de estudio o publicación; bajo estos supuestos, la información de las muestras puede ser pública o no, según se acuerde previamente. El límite de la excepción, puede coincidir con el periodo de vigencia del proyecto o el tiempo necesario hasta la publicación de un trabajo. Esta limitación es apropiada para muestras de proyectos de investigación o investigadores que trabajan conjuntamente con la colección. También se puede aplicar a donaciones de especímenes que necesitan un número de catálogo para una

publicación o base de datos molecular y una institución garante de su conservación.

2. Notificación: las muestras pertenecen a la colección de pleno derecho. El colector o donante no veta las solicitudes de acceso electrónico o físico pero desea ser informado de los préstamos realizados con sus muestras.

5.1.4. Entrada

El momento en que físicamente las muestras llegan a la institución da comienzo el proceso de entrada. Definimos como entrada todo el material de igual o diferente especie que llega a la colección el mismo día, procedente de la misma persona o institución (independientemente de los lugares y fechas de colecta o colectores) y adquirido por el mismo concepto (donación, depósito, etc.). Este proceso implica el mantenimiento de un registro y de un archivo de entradas y exige realizar un etiquetado y preservación provisional, además de un almacenamiento temporal de los ítems que constituyan la entrada.

Este registro está reglamentado para las colecciones de museos estatales por la *Ley 16/1885* y el *RD 620/1987*. En este tipo de instituciones, por lo tanto, es de obligado cumplimiento que se registren los ejemplares a su llegada al museo, sea cual sea su tipología (esqueleto, genitalia, preparación histológica o ADN), adquiriendo entonces el estatus de *bienes muebles*. Aunque en el caso de las colecciones de Historia Natural se debe tener en cuenta que por la naturaleza orgánica de sus “*piezas*” estas pueden deteriorarse o perderse durante los procesos de preparación, con mayor facilidad que en el resto de museos.

El registro es un procedimiento ineludible y se debe realizar en el mismo momento en que los materiales se reciben; además, en las colecciones de tejidos y ADN, por la naturaleza perecedera del material que conservan, es especialmente recomendable garantizar su integridad y no interrumpir la cadena de frío. Lo ideal sería que este proceso se realizara de forma organizada, con un contacto previo (e-mail o teléfono) y la concertación de una cita para la entrega, pero la experiencia nos dice que, con frecuencia, aparecen donantes por sorpresa (por ejemplo, al donante le viene de paso, pues tenía a una reunión de trabajo...); otro factor que altera la planificación e incorporación a la colección es la muerte súbita de animales y la urgencia —en estos casos— por realizar la toma de muestras.

A pesar de lo súbito, recoger los especímenes en ese momento puede evitar movimientos innecesarios de transporte que ocasionen roturas en especímenes delicados, o impedir que el donante se deshaga de un cadáver por medios no

seguros a nivel sanitario. Pero el trabajo diario no puede detenerse cada vez que haya una entrada (es lo que los ingleses conocen como *Business continuity*) y por ello es imprescindible tener protocolizada esta tarea y conocer sus requisitos para efectuarla de la foma más ágil.

5.1.4.1. REGISTRO DE ENTRADAS

Libro impreso o digital donde se anota cronológicamente el material recibido y en el que se han de recoger los siguientes datos:

- Número de entrada: número único que identifica la entrada en cuestión. Existen numerosas alternativas (BARREIRO *ET AL.*, 1994). En la colección de Tejidos y ADN del MNCN se utiliza un número correlativo seguido del año en que se realice la entrada (1/2006, 2/2006...).
- Fecha de entrada: día en que se recibe el material. Debe indicarse el día en dos cifras, el mes en dos cifras y el año completo, para evitar errores.
- Procedencia: nombre de la persona física, jurídica o institución que dona o entrega el material (independientemente del colector).
- Medio de transporte: tipo (personal o empresa de transporte); si es una empresa, también del número que le corresponde al transporte.
- Recepción: persona que recibe el material.
- Modo de adquisición: debe hacerse constar la circunstancia concreta por la cual se ingresa el material (recolección, donación, depósito). En este último se dejará constancia de la existencia o no de cadena de custodia oficial y de los acuerdos del mismo.
- Método de conservación utilizado: Los especímenes pueden recibirse frescos (congelados o no), con conservación provisional o definitiva, como material procesado, por ejemplo ácidos nucleicos extraídos. Hay que reseñar si se mantenían las condiciones de preservación provisional de transporte, en el momento de la recepción o cualquier anomalía como problemas de descongelación, evaporación o derrame de fluidos.
- Permisos: se debe indicar si existen o no y su tipo. Estos documentos se deben rotular con el número de entrada.
- Ubicación: localización del material en los depósitos temporales. La localización en los depósitos, tanto provisionales como definitivos es prioritaria, pues sin ella un ejemplar, entre cientos de miles, sólo es material perdido. Todo ello crea la necesidad de garantizar la relación entre información, espécimen y localización en bases de datos con respaldo de seguridad.

- Descripción de la entrada, donde se informa (cuando es posible) del número de especímenes, especies, origen (número identificador del proyecto de investigación o colector si es una colección personal, etc.), formato y tipo de la información adjunta. La información se debe rotular físicamente con el número de entrada, si es papel, y si es digital, se recomienda renombrar los archivos con dicho número.
- Observaciones: cualquier circunstancia de interés no mencionada anteriormente.
- Aceptación y destino: se debe informar si la entrada finalmente se admite o no e incluir el informe de aceptación o rechazo. Puede ocurrir que sólo se acepte parcialmente y que parte de la misma por diferentes razones se devuelva o se decida eliminar.

Cuando la entrada está ocasionada por el ingreso de una muestra obtenida a partir de colecciones clásicas ya catalogadas, entonces se deben recoger algunos datos más:

- Colección de origen: Nombre de la institución y dirección.
- Número de catálogo: Acrónimo de la institución, identificador de la colección y número.
- Identificación taxonómica.
- Justificación de uso: Título del proyecto de investigación y memorias justificativas si la hubiera.
- Tipo de muestra: (pelo, pluma, piel, músculo, fragmento de hoja o tallo...).
- Nombre de la persona que tomó la muestra.
- Devoluciones: En ocasiones, los remanentes de tejido o de ADN extraído son devueltos a la Colección de Tejidos y ADN.

Cuando la entrada origina el ingreso de una muestra obtenida a partir de colecciones clásicas, en el archivo de entradas se guardarán las memorias justificativas del uso (APÉNDICE VIII) y cualquier fotografía generada durante el proceso de toma de muestra que pueden ser útiles para dejar constancia del antes y del después. Dichas fotos se rotularán con el número de entrada.

Con la información de una entrada, los responsables podrán disponer de los datos necesarios para efectuar la aceptación y podrán establecer las tareas precisas para hacer, por ejemplo, una valoración de su calidad o contaminantes, estimar el tiempo y el coste económico. Una vez cumplimentada toda esta informa-

ción se debe emitir un documento donde quede recogido el proceso de entrada, en el que dador y receptor firman para dar constancia del mismo. Si después de una valoración no se acepta la donación o custodia, se debe firmar el mismo documento con la devolución.

5.1.4.2. ARCHIVO DE INGRESOS

Debe estar constituido por carpetas adecuadas (puede ser en formato papel o digital), que impidan el extravío de la información que contienen. Cada carpeta debe ser rotulada con el número de entrada y la fecha. En su interior se debe guardar toda la información complementaria existente aunque esté anotada en el libro de entradas. Puede incluir:

- Datos de colecta, fecha, localidad o datos ecológicos o morfológicos (con formato de bases de datos, tablas Excel o documentos de texto). Los especímenes e información pueden llegar físicamente separados o juntos, por ejemplo con la información impresa solamente en las etiquetas, aunque es más común que esta llegue en formato digital, correlacionada por un identificador numérico o alfanumérico.
- Permisos de colecta originales o copias.
- Correspondencia mantenida que haga referencia a la entrada, así como los impresos oficiales de donación, depósito o intercambio e informes de admisión.
- Fotografías, diapositivas y cualquier otro registro gráfico del material que constituye la entrada, o bien referencia de dónde se encuentran archivados.
- Publicaciones o datos no publicados generados por el material en cuestión o sus referencias (pueden incluirse con el tiempo o venir directamente con el material).
- Número de Catálogo: se añadirá con posterioridad una vez que las muestras hayan sido asimiladas por la colección.

Es interesante estimar la posibilidad de escanear todos los documentos impresos (papel), para guardar una copia digital que facilitará el trabajo de gestión, garantizará su conservación y posibilitará su incorporación a futuros registros digitales de la base de datos. De hecho, en la actualidad muchas publicaciones e imágenes suelen facilitarse en formato digital (pdf, tiff, jpg...). Se recomienda establecer una forma de identificación estandarizada de los mismos, por ejemplo renombrar los archivos con la palabra "Entrada" seguida del número de entrada correspondiente,

la tipología del documento, seguido de números correlativos cuando sea necesario (“Entrada18_2013Permiso_importación_1” o “Entrada18_2013_datosmorfológicos”), todo ello localizado en carpetas igualmente rotuladas.

Más información sobre estándares de digitalización y archivos puede obtenerse, por ejemplo, en la página web de National Archives and Records Administrations (<http://www.archives.gov/>), en diferentes publicaciones del The Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS, 2004, 2012) y en la página web de la Digital Preservation Coalition (<http://www.dpconline.org/>) que, entre otras posibilidades, incluye el *Digital Preservation Handbook* (DPC, 2008).

5.1.4.3. ETIQUETADO DE INGRESOS

Cuando se ha dado número de entrada y se ha anotado la información necesaria se procede a etiquetar especímenes y documentos, como mínimo con el correspondiente número de entrada seguido de números correlativos, tantos como se necesite dependiendo del número de ejemplares. La etiqueta debe ser fijada de forma distinta y específica para cada proceso de conservación utilizado, puede rotularse directamente sobre los documentos y sobre las cajas o bolsas en conjunto o sobre ítems individualizados. Para evitar disociación entre el espécimen y su información hay que asegurar la durabilidad de las etiquetas y dependiendo de las características de preservación será de un tipo u otro (véase 5.1.2). Por estas razones se recomienda utilizar lápiz sobre papel en conservación en seco o fluido y rotuladores indelebles o raspadores sobre plásticos (tubos o papel Tyvek).

5.1.4.4. PRESERVACIÓN INICIAL

La forma en que nos llegue el material puede ser muy variada dependiendo del origen del mismo. Las muestras pueden llegar en seco, en fluido, frescas o congeladas. Siempre que no suponga un riesgo para la integridad de los especímenes, se deben mantener en las mismas condiciones de conservación en que son recibidas hasta el momento de su asimilación. Si bien hay que tener en cuenta algunas consideraciones generales: (a) el material en seco deberá pasar por una cuarentena en congelación para asegurar que no porte plagas de Insectos u Hongos, (b) habrá que comprobar que los fluidos tienen los niveles necesarios para garantizar su conservación y por último (c) el material en fresco, normalmente especímenes completos, se debe congelar lo más rápidamente posible sustituyendo los embalajes de transporte por otros estériles.

La preservación provisional no tiene por qué coincidir con los métodos estandarizados de preservación definitiva que le asigne la colección hospedante.



Problemas de falta de preservante, ocasionado por burbujas de aire o exceso de tejido (izquierda) y evaporación (derecha) en diferentes contenedores de fluidos. Fotografía: Isabel Rey.

5.1.4.5. ALMACENAMIENTO

Una vez realizados todos los procesos anteriormente citados, si no es posible continuar con la asimilación, se procede a su almacenaje provisional en una localización (congelador, depósito de seco o fluido) diferente de la que ocupa la colección institucional asimilada, básicamente para prevenir infestaciones a modo de cuarentena.

En esos almacenes provisionales deben mantenerse las mismas condiciones y control de parámetros (temperatura, humedad, revisiones periódicas...) que en el resto de la colección.

Siempre se debe tener presente que los almacenes de entradas son depósitos donde el material está en espera de ser tratado, no abandonado.

Por lo habitual, el trabajo de una colección suele estar organizado y las entradas nuevas deberán esperar su turno hasta la siguiente planificación. Es habitual que exista un desfase entre la llegada de una entrada y su asimilación, principalmente debido a las limitaciones de personal y de presupuesto.

5.2. ASIMILACIÓN

En este proceso, se encuadran los trabajos de preparación, catalogación, etiquetado y ubicación definitivos de los especímenes en los almacenes. La prepa-

ración es la transformación física de los especímenes según los estándares de preservación y mantenimiento de la colección hospedante. En la catalogación, según su definición de apuntar o registrar ordenadamente los ítems (en este caso especímenes), se integra la información de los ejemplares junto con la generada en los pasos anteriores, en la actualidad es básicamente digital y se denomina informatización. El catálogo digital también podrá ampliarse con información sobre técnicas concretas posteriores ocasionadas por futuros usos.

5.2.1. Métodos de preservación de tejidos y ADN

La preparación de los tejidos implica una serie de actuaciones sobre la muestra que permitan alcanzar los objetivos de la colección con garantías. Las Colecciones de Tejidos y ADN tienen como objetivo fundamental que las macromoléculas se mantengan estructuralmente intactas o fisiológicamente activas tanto en el interior de los tejidos, como si están extraídas, aunque resulta inevitable que algunos de los procesos utilizados para su conservación puedan deteriorarlas o destruirlas para otros usos, como histológicos o bioquímicos (HUMASON, 1962, 1967; PALMIROTTA *ET AL.*, 2011).

Cuando se muestrean especímenes completos o parciales los restos sobrantes deben ser incinerados (véase 3.7.1); aunque en ocasiones, en función de su estado de conservación y de la información que portan, pueden ser cedidos a otras colecciones para diferentes usos, científicos, expositivos o didácticos.

Además de los métodos de preparación, se debe tener estandarizada la cantidad máxima de tejido que se debe guardar, la cual tendrá que estar en consonancia con el tamaño del espécimen, el tipo de tejido y los otros posibles usos morfológicos que se le quieran asignar posteriormente. Cuando sea posible se recomienda que el muestreo esté repetido, de modo especial cuando se presente la oportunidad de obtener alguna especie inusual o de difícil acceso, pensando en la posibilidad de compartir conservación con otros repositorios. También se deben establecer unos estándares mínimos en relación con el volumen, concentración y calidad del ADN cuando la extracción la realiza la propia colección, resulta complicado mantener los mismos requisitos con muestras recibidas de ingresos externos.

Hay numerosas publicaciones sobre técnicas de conservación de muestras de tejido y ADN, pero pocas revisiones generales (DESSAUER *ET AL.*, 1990; PRENDINI *ET AL.*, 2002; NAGY, 2010) con la excepción del área de las ciencias médicas. De forma general, todas se resumen en tres grandes tipologías: congelación, en seco o en fluido.

Tabla 7. Tipos de preservación en congelación.

Tipo de congelación	Tipo de tejidos
-20 °C a -80 °C	Especímenes completos (Invertebrados o pequeños Vertebrados) Fragmentos de tejido recogido en necropsias o biopsias (músculo, piel, ojos, testículos, corazón, riñón cerebro, hígado, pulmón, etc.) Muestras recogidas en vida como piel (incluidos taladros de oreja, puntas de dedos o colas cortados), sangre, pelo, semen, orina Hojas, tallo, talo, raíz, semillas, hifas, esporocarpos Muestras no invasivas como torundas epiteliales, pelo, plumas, escamas, exuvias, excrementos, marcas olfativas Ácidos nucleicos extraídos
Nitrógeno líquido -140 °C (fase vapor)	Todos los mencionados
Nitrógeno líquido -196 °C (fase líquida)	Tejidos o fluidos biológicos tales como plasma, suero, capa leucocitaria, orina Suspensiones de células, células germinales (gametos), embriones, bacterias, virus, protistas, semillas

5.2.1.1. CONGELACIÓN

La congelación es el método de conservación más común utilizado en la actualidad dentro del mundo de los biobancos y, más concretamente, para estudios de Sistemática y Evolución molecular (Tabla 7). Se conocen colecciones de tejidos congelados para estudios moleculares desde la década de 1960 (DESSAUER, 1970; MAO & DESSAUER, 1971; DESSAUER & HAFNER, 1984), utilizadas para estudios evolutivos, de química o bioquímica, concretamente con sangre en Reptiles. Además, en la década de los 50 aparecieron también los primeros estudios sobre congelación viable de óvulos y embriones (HOAGLAND & PINCUS, 1942; DEANESLY, 1954, 1957; MAURER, 1978). Durante más de 50 años ha demostrado ser el método más eficaz para la conservación de la más amplia variedad de componentes tisulares (DESSAUER *ET AL.*, 1990; PRENDINI *ET AL.*, 2002).

Además, se ha comprobado que la congelación natural de tejido en el permafrost de especímenes de mammoth (*Mammuthus primigenius* Blumenbach, 1799) ha preservado el ADN contenido en sus huesos desde finales del Pleistoceno, alrededor de 10.000 años a. C. (POINAR *ET AL.*, 2006).

De los tejidos congelados se pueden obtener preparaciones cromosómicas, cultivos de fibroblastos (SHERWIN, 1991; CLAYDON, 2009; CRESPO, 2009), ADN, ARN, sistemas enzimáticos, proteínas, moléculas bioactivas y contaminantes ambientales.



Congelador -80 °C, en cuyo interior pueden observarse los *racks* con capacidad para organizar 600 cajas (A). Estas cajas pueden contener 81 o 100 tubos de 1,5 ml de volumen. Criocontenedores de nitrógeno líquido (-196 °C) (B) del Banco de Germoplasma y Tejidos de Especies Silvestres Amenazadas (BanGES) del MNCN y detalle de su interior donde se pueden ver los canister u organizadores donde se colocan pajuelas o tubos (C). Fotografías: Isabel Rey.

Una de las diferencias básicas entre los distintos biobancos que utilizan congelación como medio de conservación, radica en la utilidad final que se quiere obtener del tejido que conservan, puesto que de ello depende la técnica de congelación utilizada.

La congelación es un proceso por el cual fragmentos de tejido se colocan en envases estándar (véase 5.1.1.2) con o sin tampón de conservación (EDTA, tripsina-EDTA) o crioprotectores, mantenidos por lo general a temperatura de -80°C o en nitrógeno líquido (en contacto con el, inmersos en líquido a -196°C o en su atmosfera, inmersos en vapor a -140°C).

Los crioprotectores (KAROW, 1969; FULLER *ET AL.*, 2004; PEGG, 2007), son sustancias químicas que protegen los tejidos de los daños ocasionados por los cristales de hielo que se producen durante la congelación. Existen de forma natural en animales (STOREY & STOREY, 2004) y plantas (THOMASHOW, 1999) que tienen que soportar temperaturas muy bajas en su medio ambiente. Cuando se utilizan en conservación hay que tener en cuenta que su concentración debe ser la adecuada, pues pueden resultar tóxicos para las células. Entre los más utilizados se incluyen el glicerol (DEANESLY, 1954), el dimetilsulfóxido (DMSO), alcoholes (como etilenglicol, propilenglicol, polietilenglicol o etanol: LEWIS *ET AL.*, 1994), la polivinilpirrolidona (PVP) y azúcares como glucosa (HOAGLAND & PINCUS 1942), fructosa, sacarosa, lactosa o rafinosa.

5.2.1.2. EN FLUIDO

La conservación de especímenes biológicos por medio de disoluciones de alcohol etílico está documentada desde el siglo XVII (BOYLE, 1665; RÉAUMUR & ZOLLMAN, 1748) y ampliamente utilizada durante los siglos XIX y XX (HUMASON, 1962, 1967). La conservación en fluidos (Tabla 8) constituye un método sencillo que básicamente no requiere uso de infraestructura técnica para su mantenimiento excepto un sistema de renovación de aire del almacén. Los especímenes o muestras conservadas en fluido se deben guardar en contenedores herméticos (véase 5.1.1.2.) y, si es posible, refrigerados a una temperatura entre 5°C y -20°C , para disminuir la evaporación, aunque pueden mantenerse a temperatura ambiente.

Es necesario elaborar las disoluciones o tampones con anterioridad a su uso, pues en ocasiones requieren composiciones químicas y pH determinados.

Para obtener una idea general sobre el uso de la conservación en fluidos se puede leer a SIMMONS (1991) y, para obtener una revisión exhaustiva y un panorama general, a NAGY (2010).

Tabla 8. Fluidos comunes para la conservación de tejidos cuya finalidad es la obtención de ácidos nucleicos.

Alcohol	Etanol 96° Disoluciones de alcohol etílico en agua al 70%	HUMASON, 1962, 1967
Tampones con alcohol	Disolución de Carnoy (60 ml etanol absoluto + 30 ml cloroformo + 10 ml ácido acético 100%)	MIETHING <i>ET AL.</i> , 2006
Tampones sin alcohol	Solución salina saturada de dimetil sulfóxido (DMSO) RNAlater® (Ambion) Trizol-LSTM (Gibco-BRL) Acetona	SEUTIN <i>ET AL.</i> , 1991 BIRUNGI <i>ET AL.</i> , 1998 DAWSON <i>ET AL.</i> , 1998 GOROKHOVA, 2005 RIESGO <i>ET AL.</i> , 2012 MILLER & LAMBERT, 2003 FUKATSU, 1999

La eficacia de algunos de estos tampones como medio de preservación a corto plazo y como medio de transporte de tejidos en Moluscos ha sido explicada por WILLIAMS (2007) y de Vertebrados en LONGMIRE *ET AL.* (1997).

Existen numerosos métodos de anestesia (ARAUJO *ET AL.*, 1995) y preservación de Invertebrados que no contienen formaldehído (LINCOLN & SHEALS, 1979) y en la actualidad algunos de ellos se han investigado para estimar la posibilidad de obtener ADN de muestras así conservadas (REY *ET AL.*, 2004).

Cabe una mención especial a uno de los fluidos más utilizados en histología y en conservación de especímenes en Colecciones de Historia Natural: las disoluciones de formol o formalina. Si se quiere saber más sobre la fijación con diluciones de formaldehído y sobre su historia se puede consultar el trabajo de FOX *ET AL.* (1985). Este tipo de disoluciones ha resultado nefasto para la obtención de ácidos nucleicos (CRISAN *ET AL.*, 1990; TOKUDA *ET AL.*, 1990; SAVIOZ *ET AL.*, 1997; SHEDLOCK *ET AL.*, 1997; WIRGIN *ET AL.*, 1997; CHASE *ET AL.*, 1998; ALMODÓVAR *ET AL.*, 2000; FANG *ET AL.*, 2002; SHI *ET AL.*, 2004; GARCÍA *ET AL.*, 2006; HAN *ET AL.*, 2009; PALERO *ET AL.*, 2010; ZHANG, 2010). Además por su carácter irritante y al estar clasificado como cancerígeno (de categoría 2, según el Reglamento (CE) nº 1272/2008 y de categoría 1, según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer) su uso está vivamente desaconsejado por los servicios de salud laboral por su toxicidad. Una comparación temporal sobre el rendimiento de obtención de ADN nuclear y mitocondrial a partir de diferentes tejidos (músculo cardíaco y esquelético, hígado, riñón y cerebro) preservados en diferentes tipos de fluidos conservantes (Carnoy, glutaraldehído y formaldehído) se puede encontrar en MIETHING *ET AL.* (2006).



Diferentes tipos de tubos (cristal y plástico) utilizados para conservar tejido en fluido. Fotografías: Beatriz A. Dorda.

5.2.1.3. EN SECO

El secado como método de conservación de alimentos se ha practicado en todo el mundo desde tiempos antiguos, pues la eliminación del agua consigue inhibir el crecimiento de microorganismos. Se tienen datos de secado de alimentos de 12.000 a. C. por los habitantes del Oriente Medio y otras regiones de Asia. Marco Polo en el siglo XIII informó de que los soldados de Kublai Khan llevaban leche secada al sol en sus expediciones. La deshidratación por sublimación sigue siendo utilizada por los habitantes de los Andes, que conservan patatas con este sistema, a las que denominan “chuños”.

La conservación en seco de tejidos (Tabla 9) como recurso para obtener macromoléculas fue demostrada, como ya hemos indicado anteriormente, por George H. F. Nuttall en los albores del siglo XX. Los principios de conservación utilizados por George H. F. Nuttall (NUTTALL, 1901a, b; NUTTALL *ET AL.*, 1904) y Robert Guthrie (McEWEN & REILLY, 1994; WONG *ET AL.*, 2008) se están utilizando en la actualidad por las denominadas tarjetas FTA (GUTIÉRREZ-CORCHERO *ET AL.*, 2002; CRABBE, 2003; SMITH & BURGOYNE, 2004; BENDEZU *ET AL.*, 2005; CALLAHAN *ET AL.*, 2005; DOVE *ET AL.*, 2010). La sangre seca de cientos de tarjetas Guthrie mantenidas durante años en archivos hospitalarios, sin condiciones específicas de conservación, están siendo utilizadas aún para obtener ADN (MAKOWSKI *ET AL.*, 1995,



Tubos con fragmentos de tejido liofilizado (derecha) y tarjeta FTA (debajo). Fotografías: Isabel Rey.

1996, 1997). Además, también quedó probada su utilidad para obtener ácidos nucleicos de forma eficaz con trabajos pioneros de secuenciación de nucleótidos de ADN que utilizaron especímenes de museo de una subespecie supuestamente extinta de cebra, denominada cuaga o quagga (*Equus quagga quagga* Boddaert, 1785) (HIGUCHI *ET AL.*, 1984; PÄÄBO *ET AL.*, 1988) y una serie de momias egipcias (PÄÄBO *ET AL.*, 1988). En la actualidad se estudian organismos que resisten las condiciones más extremas de deshidratación para utilizar sus mecanismos y productos de protección como posible método de conservación (JÖNSSON *ET AL.*, 2008).

Los científicos franceses Arsène d'Arsonval y F. Bordas en 1906 y el americano L. F. Shackell en 1909 descubren la aplicación del principio físico de la subli-

Tabla 9. Tipos de conservación en seco.

Seco con gel de sílice	Pelo, pluma, heces, escamas, uñas, torundas con frotis epiteliales Hojas, tallo, flores, semillas, esporas, talo, esporocarpio
Seco sobre papel de filtro	Sangre, exudados vegetales y animales, ADN Tarjetas FTA
Liofilizado	Especímenes de pequeño tamaño completos (principalmente Invertebrados) o partes de ellos Fragmentos de tejidos (músculo, piel, hígado, riñón) Hojas, tallo, flores, semillas, esporas, talo, esporocarpio ADN extraído

mación, inventando para ello un aparato de laboratorio precursor de los liofilizadores actuales (SHACKELL, 1909). El uso de la liofilización como método de conservación a gran escala se debe a Earl W. Flosdorf, que lo utilizó para sueros, plasma, penicilina y comida (FLOSDORF & MUDD, 1938; FLOSDORF, 1945a, b). Mediante la liofilización se consiguió que el suero fuera químicamente estable y viable sin tener que ser refrigerado y rápidamente se aplicó a la penicilina², bacterias (STAMP, 1947), Hongos (FENNELL, 1960) o polen (KING, 1961). En la actualidad esta técnica se sigue utilizando para la preservación de productos biológicos o farmacéuticos como enzimas, hormonas, antibióticos, vitaminas, anticuerpos, vacunas; para uso quirúrgico y médico como tejido óseo, productos sanguíneos (HAN *ET AL.*, 2005) o duramadre; para alimentos como huevos, café, leche, sopas, puré de patata o zumos; y organismos vivos como virus y bacterias. Existen estudios donde se ha demostrado la posibilidad de obtener ADN de calidad para estudios moleculares a partir de tejidos liofilizados como corazón, cerebro, músculo, pulmón y riñón (HUCKENBECK & BONTE, 1992).

Por lo tanto el almacenamiento de ADN y tejidos deshidratados surge como una solución alternativa porque las principales vías de degradación del ADN (despurinación, desaminación y oxidación de bases o del azúcar) involucran al agua. Además se sabe que en estado sólido se retardan los procesos químicos debido a la reducción de la movilidad molecular (COLOTTE *ET AL.*, 2011). Por último, evidencias que respaldan las condiciones idóneas mediante procesos de liofilización se obtienen de los trabajos de conservación de esperma liofilizado para fertilización *in vitro* (KUSAKABE *ET AL.*, 2001; LIU *ET AL.*, 2004).

Las colecciones clásicas con conservación en seco, están resultado de utilidad al posicionarse como un importante recurso para obtener ADN, por ejemplo el ligamento de las valvas y opérculos en Moluscos, la musculatura seca dentro del exoesqueleto de Insectos o el endoesqueleto de Vertebrados (véase Tabla 5).

² Alexander Fleming descubrió la penicilina en 1928, Earl W. Flosdorf mejoró los aparatos liofilizadores y utilizó esta técnica con suero, el año 1938. Desde 1939 hasta 1941 Howard Florey y Ernst Cain, trabajaron en la purificación y síntesis de la penicilina. Los bancos de sangre de Estados Unidos, comenzaron a producir industrialmente plasma humano para el ejército a partir de 1941 momento en el que entran en la Segunda Guerra Mundial (1939-1945). Las necesidades de suero y penicilina ayudaron decisivamente al rápido desarrollo y uso, de la liofilización como método de conservación y transporte estable. Flosdorf publicó *Drying Penicillin by Sublimation* en 1945 (FLOSDORF, 1945a). Como curiosidad el café instantáneo de Nestlé (que usa la liofilización en su proceso de producción) fue lanzado al mercado el 1 de abril de 1938 con el nombre de Nescafé.



Liofilizador, detalle de las bandejas de la cámara de liofilización donde se pueden observar tubos y sonda de temperatura y caja de colección donde se conserva este tipo de material. Fotografías: Isabel Rey.

5.2.1.4. PRESERVACIÓN DE ADN

Son numerosos los métodos de extracción que se pueden aplicar a los diferentes tipos de muestras (Tabla 5) pero sin embargo existen pocos métodos o trabajos de seguimiento de conservación de ácidos nucleicos extraídos (KNEBELSBERGER & STÖGER, 2012).

A corto plazo, los ácidos nucleicos se disuelven en un tampón con Tris Cl y EDTA (TE) o agua ultrapura, también conocida como Milli-Q (que es el nombre de una marca comercial creada por Millipore Corporation). Pero a largo plazo se pueden conservar congelados y se recomiendan temperaturas comprendidas entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Tabla 7), intentando evitar el choque térmico producido por diferencias bruscas de temperatura en el proceso de descongelación. Un procedimiento común es la liofilización (Tabla 9). Además de los mencionados, en la actualidad existen sistemas comerciales de almacenamiento a temperatura ambiente, como el sistema GenTegra para ARN y ADN (<http://gentegra.com/>) que

consiste en una matriz mineral inerte que evita la oxidación, la actividad microbiana y protege los ácidos nucleicos de la luz ultravioleta.

5.2.2. Catalogación

La catalogación se define de un modo sencillo como el proceso que crea entradas individuales en un registro ordenado al que se denomina catálogo. Cada registro define un espécimen (independientemente de si es completo, parcial, una muestra de tejido o su extracto de ADN), con el fin de identificarle entre el resto de ejemplares de un fondo concreto.

La catalogación debe reunir toda la información que se ha obtenido de cada ejemplar (sobre colecta, entrada, datos biológicos y métodos de preservación), bajo un número de identificación único e inequívoco, lo que se denomina número de catálogo, que será la clave de unión entre el espécimen, la localización en los depósitos, la información y las publicaciones donde se utilice.

En la actualidad el desarrollo de la informática (BECERRA, 2003) hace posible la digitalización prácticamente de toda la información que compete a un espécimen y que se haya originado a lo largo de su existencia como objeto de estudio o colección. Esta posibilidad facilita la centralización de dicha información en un registro único de catálogo. Uno de los primeros trabajos que se publicaron sobre catalogación específica de colecciones de tejidos fue el de WOODWARD & HLYWKA (1993).

Una vez admitido definitivamente el material y para formar parte de los fondos de la colección se debe proceder a la catalogación espécimen por espécimen.

Los pasos que se deben seguir son los siguientes:

1. Asignar número de catálogo definitivo
2. Asignar ubicación
3. Rellenar formulario de la base de datos
4. Etiquetar las muestras con el número de catálogo definitivo

5.2.2.1. NÚMERO DE CATALOGO DEFINITIVO

Hasta este momento los ejemplares han mantenido un número de colector (HERMAN, 1986; DESSAUER *ET AL.*, 1990), que puede estar organizado con un número único precedido de las iniciales del colector o un número de entrada, pero en este momento al espécimen se le asigna un número alfanumérico exclusivo de la colección (HILLIS & MORITZ, 1990: 28), constituido, por el acrónimo de la institución, las siglas que identifican la colección y un número correlativo, que no podrá

ser usado para otro ejemplar nunca. La relación entre este número de catálogo y el número de colector no debe perderse nunca.

El tipo de numeración debe seguir la política definida de la colección que lo contiene. Si el repositorio sólo tiene tejidos y es de nueva creación basta simplemente con elegir un tipo de numeración y seguirlo, pero cuando se originan biobancos en Colecciones de Historia Natural puede ser un problema. Por razones históricas cada una de sus divisiones (entomología, malacología, mamíferos...) tienen numeraciones que comienzan por el 1. Es decir, hay un nº 1 en la colección de Aves, un nº 1 en la de Crustáceos, un nº 1 en la colección de Moluscos, etc. Solventar este inconveniente no supone mayor problema pues se le añaden unas siglas delante que identifican la institución y la colección de la que proviene, así cuando se crean colecciones de tejidos y ADN sólo se tiene que añadir unas siglas de identificación de la misma.

Sin embargo, es el momento de recordar que podría resultar muy conveniente que todas las partes del mismo espécimen tengan el mismo número, es decir, que una muestra de tejido o de ADN del ejemplar nº 1 de la colección de Aves debiera llevar también ese nº 1, pero esto supone varios problemas para una colección de tejidos:

1. Podrían tener tantos números repetidos como divisiones
2. En la actualidad existen especímenes en los biobancos que no existen en el resto de colecciones (por ejemplo, sangre, plumas, excrementos o muestras no invasivas de ejemplares vivos).

La solución más eficaz a estos problemas es asignar número de catálogo propio a estas colecciones, al igual que se hace con el resto, asignando asimismo el acrónimo de la institución, unas siglas que identifiquen la colección y un número correlativo.

Esta solución, eficaz para la gestión, plantea otro tipo de problemas a escala global. En la actualidad muchas colecciones están facilitando el acceso a la información desde diferentes organizaciones internacionales, como por ejemplo la denominada Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF), así como desde instituciones que albergan bases de datos públicas con información de secuencias de nucleótidos (por ejemplo, GenBank, distribuida por el *National Center for Biotechnology Information*, NCBI, localizado en EE. UU.; el Archivo de Nucleótidos Europeo, *European Nucleotide Archive* ENA, y el *DNA Data Bank* de Japón, DDBJ) (BENSON *ET AL.*, 2012). Los problemas se generan cuando los usua-

rios colocan información en estos lugares, que hace referencia a los ejemplares mantenidos en las Colecciones de Tejidos y ADN, no están siendo muy rigurosos en la transcripción de los números de catálogo asignados, el acrónimo o las siglas de identificación, que en ocasiones pueden ser eliminadas total o parcialmente e incluso ser traducidas, y esta falta de fidelidad puede imposibilitar o lentificar su posterior localización.

Cuando se analiza un espécimen, éste pasa a ser considerado un comprobante o resguardo de la investigación realizada (ROBINSON, 1975; LEE *ET AL.*, 1982; KAGEYAMA *ET AL.*, 2006; LEHN *ET AL.*, 2007); en inglés se denomina a este ejemplar *voucher*, que en español puede traducirse como *evidencia*, atendiendo a su definición de *prueba de un proceso*, en este caso del proceso científico. La literatura está repleta de descubrimientos que no pueden ser validados debido a la falta de *vouchers* que los avalen (MILLER, 2007) y a pesar de las voces que critican esta actitud, la situación detectada hace tiempo se mantiene (RUEDAS *ET AL.*, 2000).

La información de las secuencias de los especímenes de las Colecciones de Tejidos y ADN, necesitan una referencia inequívoca, cuando aparecen en publicaciones o en la red, con especial hincapié cuando algunas de ellas se están utilizando para describir nuevas especies.

5.2.2.2. UBICACIÓN

La localización de las muestras en un lugar concreto de los depósitos de la colección es un requerimiento imprescindible. Este punto es esencial para el futuro uso de la misma: resulta fundamental conocer en todo momento dónde se encuentra el material a fin de localizarlo y extraerlo rápida y fácilmente. Una muestra sin localización exacta, en un congelador donde se almacenan un número elevado de tubos, es una muestra perdida.

El espacio dedicado a la colección puede ocupar uno o varios depósitos que deben estar numerados, los cuales a su vez contendrán armarios o refrigeradores igualmente numerados. Cada uno de ellos poseerá baldas, *racks*, bandejas, etc., asimismo codificadas, donde se situarán cajas y tubos que contendrán las distintas muestras de los especímenes (tejidos, ácidos nucleicos, biopolímeros, etc...).

Todas las claves de la exacta localización de las muestras se anotarán en los campos correspondientes de la base de datos dedicados a la ubicación, a fin de que se sepa concretamente dónde está situada cada muestra. Un espécimen puede tener diferentes ubicaciones dependiendo del tipo de muestra o del méto-

do de conservación utilizado. Un mismo espécimen puede tener un fragmento de tejido liofilizado localizado en un depósito de material en seco y una porción de tejido congelado o ADN ubicado dentro de un congelador. Por lo tanto, deben existir mapas físicos de los depósitos (véase 5.1.4) y de los contenedores y el sistema informático tiene que conocer las posiciones ocupadas. La asignación puede ser manual o automática.

5.2.2.3. BASE DE DATOS

La base de datos que recoge la información del catálogo debe ser igual a la de las colecciones clásicas pero deberá incluir además las características propias del tipo de materiales que la componen.

A pesar de esto, se han diseñado bases de datos específicas para biobancos, tanto comerciales (Freezerworks <http://www.freezerworks.com/>) como de libre uso (VoSeq) (PEÑA & MALM, 2012).

La base de datos debe incluir en su formulario de datos los siguientes dominios de trabajo:

- Información para acceso
- Información taxonómica
- Información geográfica
- Información biológica
- Información de origen
- Información de métodos de preparación y conservación
- Ubicación
- Restricciones de uso
- Gestión, registro de usuarios e histórico de usos
- Registro bibliográfico
- Auditoría

Información para acceso: recoge acrónimo, nº de catálogo propio, nº de catálogo de divisiones relacionadas que conservan otro tipo de material del ejemplar, nº de colector y otros, además puede incluir un Identificador Universalmente Único de individuo.

Información taxonómica: Desde *phylum* hasta especie, incluyendo el mayor número de subdivisiones posibles (tribu, subespecie...). Recogerá asimismo la información de si es un espécimen portador de nombre (tipo) así como las sinonimias si se conocen. Se debe informar cuales son las obras de referencia taxo-

nómicas utilizadas. Por ejemplo, la Colección de Tejidos y ADN del MNCN (REY & DORDA, 2006) utiliza de forma general para Invertebrados las páginas web <http://faunaeur.org/> y <http://www.fauna-iberica.mncn.csic.es>; la ordenación de los Vertebrados sigue para los Peces, <http://fishbase.org>; para los Anfibios y Reptiles, PLEGUEZUELOS *ET AL.* (2002) y HOWARD & MOORE (1994); MADROÑO *ET AL.* (2004) para las Aves y para Mamíferos, WILSON & REEDER (1993).

Información geográfica: Localidad de colecta tan exacta como sea posible, incluyendo coordenadas GPS, en tierra o mar.

Información biológica: Datos y características morfológicas externas, sexo, edad y datos ecológicos, que pudieran haber sido recogidos en la entrada. Aquí se incluirá información sobre la existencia de preparaciones anatómicas o histológicas (y si es posible sus imágenes).

Información de origen: Se corresponde con los datos de la entrada y procedencia, tipo de ingreso y permisos de captura e importación, informes de aceptación y documentación de mecenazgo.

Información de métodos de preparación y conservación: En este apartado se recogerán todos los datos sobre el tipo de muestreo, transporte, preparación provisional, tipo de tejido y tipo de ácido nucleico que pudieran haber sido informados en la entrada o que se les aplicó en la asimilación o posterior uso. En el caso de las Colecciones de Tejidos y ADN se recoge información de métodos de extracción de ADN, concentración y además se anotará el tipo de conservación definitiva que se le ha procurado.

Ubicación: Localización en los almacenes de la colección. Dependerá del tipo de espécimen (muestra de tejido, ácido nucleico) y de su método de conservación (congelado, seco, fluido).

Restricciones de uso: Se recogerá la información sobre la posibilidad de uso del espécimen, indicando si está libre o restringido, con identificación de nivel 1, 2 y el tiempo de demora (véase 5.1.4.).

Gestión, registro de usuarios e histórico de usos: Recogerá la información de los usuarios, nombre, institución y proyecto de investigación. Así como el correo y documentos (impresos o digitales) generados por la solicitud.

Registro bibliográfico: Recoge las publicaciones donde haya sido utilizado el ejemplar, así como los vínculos (*links*) con bases de datos globales de información o moleculares (GBIF, GenBank u otras).

Auditoría: Engloba la información de cuándo, cómo y quién ha incluido o modificado un registro.

Finalmente, la base de datos tiene que generar periódicamente copias de seguridad que deben localizarse en diferentes ubicaciones y sobre las que se efectuará conservación preventiva.

Es conveniente realizar revisiones de la base de datos, pues siempre se producen errores de tecleado, nomenclatura, incorrecta ubicación de localidades, etc. Puede hacerse como rutina cada día, pero resulta más práctico y recomendable efectuarlo cada cierto tiempo, ya sea seleccionando unos cuantos registros al azar o seleccionando bloques temáticos.

En el caso de la Colección de Tejidos y ADN del MNCN, para llevar a cabo una revisión a fondo de la base de datos de la colección se eligieron los registros pertenecientes a la Comunidad de Madrid, que tras una exhaustiva revisión fueron publicados en la revista *Graellsia* (REY & DORDA, 2006).

5.2.2.4. ETIQUETADO DE MUESTRAS

Los diferentes tipos de contenedores estandarizados para albergar las muestras en los distintos tipos de conservación, deberán ser etiquetados con el número de catálogo definitivo que se le asigne al espécimen o Identificador Universalmente Único. Si las etiquetas tienen suficiente espacio deberán estar documentadas con información adicional, como identificación taxonómica, conservantes (EDTA, heparina), aditivos (DMSO), etc.; y si se trata de ADN se documentarán además con el tipo de extracción, fecha de la misma, concentración y conservantes (TE, agua).

Las colecciones clásicas tienen como norma de seguridad, que nunca se sustituyan las etiquetas antiguas, de recolección, colector o de institución que pudieran acompañar a la muestra, salvo que la permanencia de éstas junto al ejemplar pudiera suponer riesgo de deterioro, ya sea del ejemplar o de la propia etiqueta. Lo que se suele hacer es colocar una etiqueta nueva junto a las primeras. Esta misma consideración debe tenerse en cuenta y resulta igual de útil en las colecciones de tejido, aunque en muchas ocasiones es muy complicado realizarla, puesto que los tubos sólo suelen llevar numeraciones que no dejan sitio para poner una etiqueta definitiva. Una solución es colocar etiquetas encima de las originales, previa fotografía de éstas, rotulando las imágenes digitales con el número de catálogo correspondiente y guardándolas en su registro. En algunos casos los tubos tienen etiquetas manuscritas que contienen toda la información posible, en esas circunstancias si se sustituyen, se recomienda despegar dichas etiquetas y conservarlas, pegadas sobre un soporte para conservarlas (por ejemplo, papel) correlacionarlas con el nuevo número de catálogo y digitalizarlas. Las nue-

vas etiquetas se imprimirán según los estándares de la colección, conservando toda la información original, además del número de catálogo.

5.3. ACCESO

Concluidas las fases anteriores, el material está en disposición de dar servicio a la sociedad en general y a la comunidad científica en particular. Este servicio comprende dos tipos de acceso: consultas y préstamos. Estos procesos se articulan por medio de documentos estandarizados, que sirven como contrato de uso. El acceso a los materiales ya publicados resulta imprescindible porque son los testigos de la investigación y deben estar accesibles para posibles revisiones justificando, en parte, el esfuerzo económico de su conservación.

Consultas y préstamos tienen una serie de requisitos que modulan su ejecución y que dependen de la política de colecciones interna de la institución y de la legislación nacional e internacional. Además también existen acuerdos comunes a nivel europeo, como la iniciativa del proyecto denominado *Toward the European Distributed Institute of Taxonomy* (EDIT, Project no. 018340), que trabajó para generar una serie de acuerdos comunes para las 13 instituciones participantes en el mismo. Uno de esos acuerdos ha sido una política de préstamos común que cubre el préstamo con fines científicos tanto de muestras morfológicas como moleculares (véase APÉNDICE IX).

5.3.1. Consulta

Una consulta se define, en sentido amplio, como cualquier solicitud de información que se reciba en la colección, bien de información sobre los ejemplares o métodos de trabajo (preservación, gestión o mantenimiento) o para solicitar el uso de un espécimen.

5.3.2. Préstamos (Transferencia de Material)

Un préstamo científico es el proceso por el cual se permite la salida de especímenes científicos y su documentación para su estudio o análisis, fuera de las instalaciones de la institución, por parte de una persona ajena a la colección. Por lo general se permite el uso a personas de reconocida competencia científica o que estén avaladas por personas o instituciones que tengan dicho reconocimiento. Se facilitan los préstamos básicamente por dos razones:

- (1) Ahorro económico. La extracción de ácidos nucleicos puede ser una labor larga y no exenta de coste. Asimismo, el huésped puede no tener financiación para gastos de traslado y estancia y este aspecto económico puede ser un factor limitante.
- (2) Infraestructuras e instrumentación científica que no se poseen en la institución anfitriona u hospedante. Además, las instalaciones de las colecciones pueden carecer del suficiente espacio para recibir múltiples consultantes a la vez.

La comunidad científica percibe que cada vez hay menos taxónomos (WHEELER *ET AL.*, 2004; CARVALHO *ET AL.*, 2007; LA SALLE *ET AL.*, 2009) y por lo tanto disminuyen las posibilidades de ayudar a mejorar las colecciones desde el punto de vista de su identificación. Sería deseable financiar a dichos taxónomos con contratos o estancias remuneradas, aunque lamentablemente a día de hoy esto es una utopía. Por esta razón, los responsables de las colecciones facilitan al máximo la tarea de los taxónomos enviándoles en préstamo el material.

5.3.3. Condiciones de préstamo (Acuerdo de Tránsito de Material)

La primera condición que debe ser tenida en cuenta es que sólo se presta a personas competentes o avaladas. Las condiciones de préstamo deberían ser asumidas como un contrato por el que ambas partes acuerdan la transferencia de un material con unas condiciones concretas. Pueden variar entre las diferentes instituciones, pero sería recomendable que al menos se especificaran las siguientes:

- (1) El receptor del préstamo se compromete a conservar el material recibido en las condiciones adecuadas.
- (2) El beneficiario se compromete a cumplir con todas las regulaciones y leyes nacionales e internacionales aplicables al proyecto de investigación y al manejo del material de investigación.
- (3) El préstamo se considera personal e intransferible y, además, se hace a instituciones, no a individuos, por lo tanto, esta transferencia de material debe estar firmada por un representante de la entidad del prestatario.
- (4) Todos los trabajos (publicaciones, informes, etc.) en los que se utilicen las muestras harán referencia a la institución que envía el préstamo y en ellos aparecerá el número de catálogo y acrónimo. Dichos números deberán aparecer también en las hojas de acceso en Genbank o en cualquier otra base de secuencias de nucleótidos.

- (5) Para hacer evidente que el análisis se ha concluido se remitirá a la colección de la que proviene el préstamo una copia de la publicación (PDF) y el Número de Acceso en Genbank o en cualquier otra base de secuencias de nucleótidos.
- (6) En caso de descripción de nuevos taxones, se devolverá todo el material tipo, salvo acuerdo previo sobre los paratipos.
- (7) Después de concluido el trabajo, los remanentes de tejido y extractos de ADN deberán ser devueltos, cuidadosamente etiquetados y empaquetados, a la Colección de Tejidos y ADN correspondiente, aunque los resultados sean negativos. Se deberán incluir también la fecha, el método de extracción y los métodos de conservación utilizados.
- (8) Los préstamos se conceden por un tiempo definido con posibilidad de prórroga. Sólo en casos excepcionales podrá aumentarse el plazo de los préstamos. Todas las ampliaciones deberán ser solicitadas por escrito y serán evaluadas caso por caso por el Comité de Supervisión de colecciones de la institución pertinente.
- (9) Si por algún motivo las muestras prestadas no fueran utilizadas para el proyecto que fueron solicitadas deberán ser adecuadamente conservadas y devueltas a la institución que envió el préstamo.

Para obtener más información y ver cómo resuelven este aspecto otras instituciones se puede visitar <http://research.amnh.org/genomics/Facilities/AMCC/AMCC-Policies-and-Material-Transfer-Agreements-MTAs/Material-Transfer-Agreement>.

Cuando hablamos de colecciones moleculares tenemos que admitir ciertos matices en la definición de préstamo, puesto que se envía un pequeño fragmento de tejido que será devuelto como ADN o, en el caso de enviar ADN, se devolverá una secuencia completa o parcial de un gen que será incorporada al registro del espécimen en la base de datos. Este aspecto, aunque parezca novedoso, no lo es tanto, pues se podría asemejar a lo que ocurre con muchos Invertebrados que para ser identificados correctamente precisan la extracción, disección, tinción y preparación sobre el soporte adecuado de piezas bucales o genitales, por ejemplo, para ser fotografiadas, dibujadas o medidas.

La cantidad de tejido necesaria para obtener ácidos nucleicos, o la concentración de dichos extractos, suele ser muy concreta y está sujeta a protocolos estandarizados en la mayoría de los casos y, por esta razón, cuando se conservan gramos de tejido se asume que la muestra podrá ser utilizada tantas veces como podría serlo un esqueleto o un espécimen en fluido.



El muestreo de tejido de especímenes de colecciones clásicas ocasiona roturas y pérdidas irreparables de material, que puede llegar a deteriorar completamente la pieza, como sucede en el molar subfósil de *Ursus arctos* Linnaeus, 1758 de la imagen inferior (MNCN:Paleo_Vert:12454). También se pueden observar los agujeros sobre las uñas y las almohadillas en las pieles de lince (*Lynx pardinus* Temminck, 1827) conservadas en la Colección de Vertebrados de la EBD. Fotografías: Isabel Rey.

En este sentido existen dos circunstancias que dificultan los préstamos. En primer lugar, el préstamo de muestras de material de colecciones clásicas que supone una agresión al espécimen y en segundo lugar, las muestras de tamaño muy pequeño que, hoy por hoy, deben ser completamente destruidas para proceder a la extracción de ADN y cuyas posibles soluciones serían: extraer los genomas sobre especímenes previamente estudiados a nivel morfológico y fotografiados o bien conseguir los ácidos nucleicos a partir de cultivos celulares primarios obtenidos con unas pocas células. Si no se hace así, se corre el riesgo de originar una nueva criptozoología, donde se describe y estudia una fauna que nadie más podrá analizar.

Por esta razón, y para mantener un testigo de la investigación, las colecciones de ADN nunca deberían agotar sus extractos. Sería recomendable especificar a partir de qué volumen y concentración no es posible facilitar dichos extractos. Ese testigo se debe guardar hasta el momento en que futuras técnicas no comprometan su conservación. Este principio es muy controvertido, puesto que el investigador tiene como prioridad hacer su trabajo sin valorar este tipo de consecuencias o la conservación a largo plazo.

En ambos casos el préstamo tiene unos requisitos adicionales y se denomina “préstamo con agresión o destrucción parcial o total”. La responsabilidad al decidir si prestar o no este tipo de material (o la toma de muestras sobre especímenes e colecciones clásicas), debería recaer en un conjunto de personas, con experiencia en el tema, que representan a la institución. En el caso del MNCN esta tarea es asumida por una comisión constituida por el responsable de la colección clásica donde se conserva el espécimen morfológico del que se obtiene la muestra, el responsable de la colección donde se conservará el ADN obtenido y dos investigadores de la institución con amplia experiencia en colecciones o en biología molecular. Más detalles sobre este tema se pueden consultar en el APÉNDICE VIII.



6. CONSERVACIÓN PREVENTIVA

minima cura si maxima vis

Federico Cesi

Pastillas de hielo seco (CO_2) utilizadas para conservar muestras de tejido a una temperatura de -70°C durante periodos de transporte. Fotografía: Beatriz A. Dorda.

La conservación preventiva es, en sentido amplio, el conjunto de acciones que tienen como objeto evitar los posibles deterioros en los ejemplares que se conservan en las colecciones, minimizando o retardando en la medida de lo posible las causas, tanto internas como externas, que los originan.

Existen principios básicos que son críticos para el cuidado y manejo adecuado de colecciones de historia natural (véase ROSE *ET AL.*, 1995), y que deben ser tenidos en cuenta a la hora de aplicar conservación preventiva.

- Los ejemplares no son reemplazables.
- No se puede comprometer la integridad de los ejemplares ni de los datos que portan.
- Los ejemplares y los soportes de su información reaccionan continuamente a fluctuaciones del medio en el que se encuentran.
- Los materiales, nuevos o tradicionales, que pueden ser utilizados en conservación, así como los procesos de su uso, deben ser evaluados para determinar cómo pueden afectar a los ejemplares antes de ser usados en las colecciones.
- Antes de hacer ningún tipo de evaluación, es imperativo que todos los instrumentos de referencia se calibren correctamente.

En la actualidad existe una ciencia aplicada a la conservación donde se incluyen un amplio conjunto de técnicas que son utilizadas para el estudio de los materiales y sus procesos de deterioro. Aunque han sido utilizadas en mayor medida en colecciones no de historia natural, nos deben servir de modelo para realizar evaluaciones, tanto de los materiales que se utilizan como de su dinámica de interacción en el patrimonio genético.

En este capítulo se incluyen los factores que influyen sobre la conservación a largo plazo, atendiendo a los siguientes ámbitos de aplicación: equipamiento de almacenaje, rutinas y sistemas de control, seguimiento y seguridad. Además, un elemento básico en el plan de conservación y seguridad de las colecciones de historia natural exige tener implementado un meditado plan de desastres, para poder atender de forma organizada las emergencias de cualquier tipo que puedan acontecer; de esta manera los responsables de cada colección podrán actuar de la forma más eficaz y rápida para minimizar y amortiguar los efectos perjudiciales y conseguir el rescate del mayor número de especímenes posibles.

6.1. EQUIPAMIENTO DE ALMACENAJE

Se denomina así, al conjunto de equipos, contenedores y materiales necesarios para acumular de forma organizada y segura los especímenes en su forma de preservación final (MOORE & WILLIAMS, 1995). Se utiliza para organizar el espacio con eficacia, de manera que sea fácil la recuperación de los especímenes, proporcionando un soporte físico adecuado para un manejo cuidadoso y un ambiente protector para objetos y especímenes.

Un equipamiento de almacenaje bien diseñado es la primera forma de conservación preventiva, en palabras de FITZGERALD (1989): “*The first line of defence in ensuring the longevity of collections*”.

Por otro lado, un buen sistema de almacenamiento asegura la rentabilidad de los programas de preservación, se ahorra tiempo al reducir la necesidad de mantenimiento continuo y, también, se economiza espacio. Por ejemplo, poner los contenedores con especímenes conservados en disoluciones de alcohol en depósitos refrigerados reduce la evaporación y por tanto reduce el tiempo que debe invertirse en su rellenado, lo que redundaría en un ahorro de personal que sería necesario para llevar a cabo dicha tarea con mayor frecuencia. Economizar espacio en los biobancos es importante puesto que el almacenamiento en frigoríficos y congeladores es, comparativamente, el espacio más caro dentro del equipamiento de almacenaje debido sobre todo al gasto continuo por el consumo eléctrico.

6.1.1. Soportes y contenedores de almacenaje

6.1.1.1. PAPEL

El papel se utiliza como soporte de pequeñas muestras de tejido secas (sangre, secreciones, epitelio) y constituye una forma clásica de protección, empleado desde hace más de un siglo. Este sistema fue utilizado, como soporte, en las colecciones del Museo Serológico (NUTTALL, 1901a y b) y en la colección de tarjetas Guthrie (DEZATEUX, 1998). Además, se ha usado como envoltura típica de protección en conservación; por ejemplo, en los archivos de la Royal Society de Londres, donde se han encontrado así protegidos muestras y especímenes originales, que habían sido enviados por correo en el siglo XVI desde Holanda a Inglaterra por Leeuwenhoek (FORD, 1981).

Las características del papel que da soporte o contiene un ejemplar pueden modificar o alterar el objeto con el que está en contacto, por ello se recomienda utilizar un papel de calidad apropiado para la conservación de especímenes biológicos, con un contenido de lignina inferior al 0,3 %, blanco pero libre de ácidos y productos blanqueantes, tamponado preferentemente con carbonato de calcio (CaCO_3), con un pH neutro o ligeramente alcalino (pH 6,0 a 8,0) y un gramaje entre 75-80 gr/m² (WILLIAMS & HAWKS, 1986; NATIONAL PARK SERVICE, 2005).

El soporte más utilizado es el papel de filtro de celulosa (CAGGANA *ET AL.*, 1998; PARKER & CUBITT, 1999), que en la actualidad ha sido sustituido por las denominadas tarjetas FTA (FTA[®], acrónimo de *Fast Technology for Analysis of nucleic acids*) patentadas y comercializadas por Whatman (www.whatman.com, patentes USA n^{os}: 5496562, 5756126, 5807527, 5972386, 5985327). De forma genérica, las tarjetas FTA contienen, además de papel de filtro de celulosa, productos químicos que lisan las células, desnaturalizan las proteínas y protegen los ácidos nucleicos de la acción de las nucleasas, la oxidación y el daño ocasionado por la luz ultravioleta. Son numerosas las publicaciones que muestran el uso de este método de conservación (a este respecto véanse DOVE *ET AL.*, 2009, 2011).

6.1.1.2. ENVASES

Los envases más comunes son frascos o tubos que se componen de dos partes, recipiente y tapa. Los recipientes pueden ser de plástico o de vidrio y las tapas de plástico, que deben ser herméticas para garantizar la estanquidad y evitar la evaporación. Se recomienda que sean de rosca y que incorporen anillos o contratapas de diferentes materiales que sirvan como barrera física.

Los recipientes de vidrio se utilizan específicamente para conservar especímenes parciales de Vertebrados o Invertebrados básicamente en fluidos, o diferentes productos moleculares liofilizados en ampollas termoselladas. El vidrio se recomienda que esté desalcalinizado, para hacer que la superficie interior del recipiente sea más resistente a las interacciones con los productos líquidos que contiene. Una gran parte de las disoluciones de preservación utilizan alcohol etílico en altas concentraciones, cuyo pH es aproximadamente neutro. A pesar de esta característica, el componente alcalino del vidrio se lixivia desde el mismo al producto y como consecuencia el pH comienza a aumentar, haciéndose más alcalino y con el tiempo se puede llegar a alcanzar un pH suficientemente alto

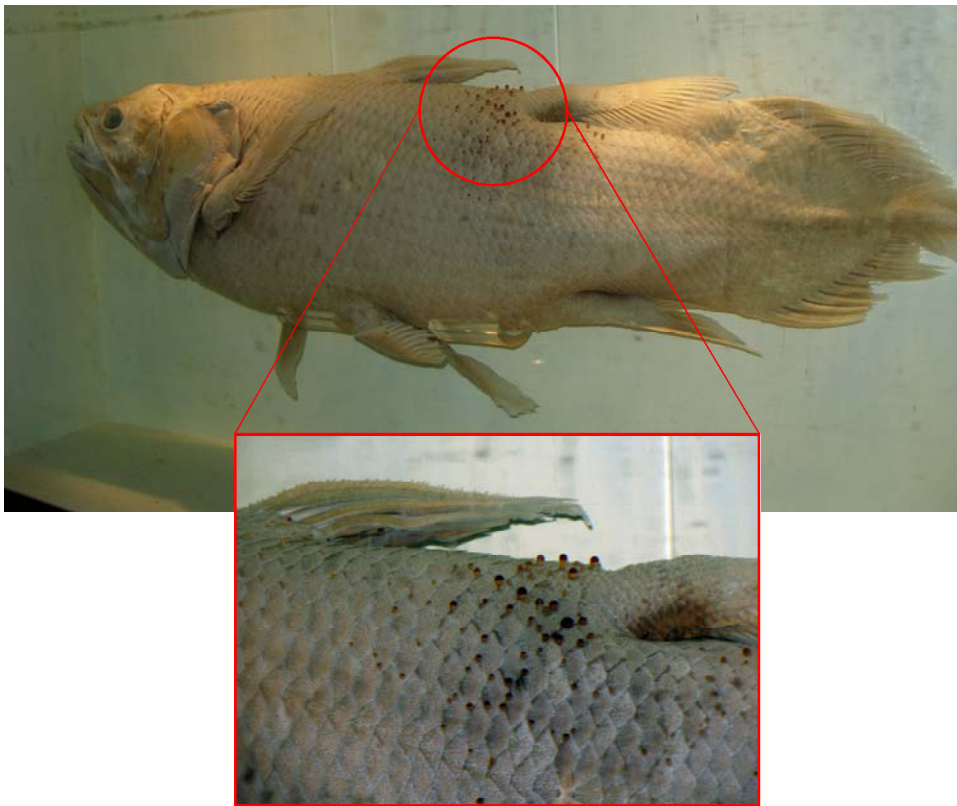


Tubos estándar utilizados por la Colección de Tejidos y ADN del MNCN. Fotografía: Isabel Rey.

como para que la solución comience a atacar al propio vidrio con bastante eficacia. Por este mecanismo, los productos inicialmente neutros pueden alcanzar un pH en el que el propio recipiente de vidrio comienza a disolverse lentamente, modificando la composición y concentración del fluido que contiene, de manera que puede afectar al espécimen. Para evitar estos cambios en el pH se recomienda tamponar las disoluciones y utilizar recipientes de borosilicato. Es importante tamponar para evitar los cambios bruscos de pH ocasionados por los fluidos orgánicos internos extravasados de los especímenes.

Las muestras conservadas en nitrógeno líquido se mantienen en envases específicos, como tubos de polipropileno o en pajuelas fabricadas en policloruro de vinilo (PVC), copoliéster de polietilentereftalato glicol (PETG) o resina ionomérica (BENIFLA *ET AL.*, 2000). La ventaja que presentan estas últimas es que no necesitan tapas pues pueden ser selladas mediante la aplicación de calor.

El polipropileno (PP) es el material plástico más utilizado para contener muestras de ADN o tejidos conservados mediante congelación o liofilizado. Este material presenta múltiples ventajas pues es resistente a la mayoría de los reactivos



Espécimen de celacanto *Latimeria chalumnae* Smith, 1939, Natural History Museum Londres, donde se puede apreciar (véase detalle) procesos de extravasado de fluidos orgánicos internos. Fotografías: Isabel Rey.

químicos, soporta esterilización en autoclave hasta 130 °C y resiste congelación a -196 °C (-321 °F). Además, los tubos fabricados con este material soportan la presión ejercida por centrífugas convencionales y están testados a prueba de fugas a una presión de unos 14-15 psi (1,05 kg/cm²; 121 °C), habitual en los autoclaves. Se recomienda que los tubos de PP que se utilizan para conservar ácidos nucleicos no tengan colorantes, pues estos productos pueden provocar inhibición de las reacciones químicas o pueden causar errores en los análisis posteriores (MCDONALD *ET AL.*, 2008, 2009; BELAICHE *ET AL.*, 2009; SACHON *ET AL.*, 2010). El PP es químicamente inerte, pero puede exhibir grupos cargados, propiedades estáticas y zonas hidrofóbicas; por ello sus diferentes tipos y calidades pueden diferir en sus características de unión. Por consiguiente, algunas mezclas pueden adherir,

en pequeñas cantidades, moléculas con iones libres como ADN, ARN o proteínas, y esto puede modificar la concentración del ADN en disolución (LEWIS ET AL., 2010).

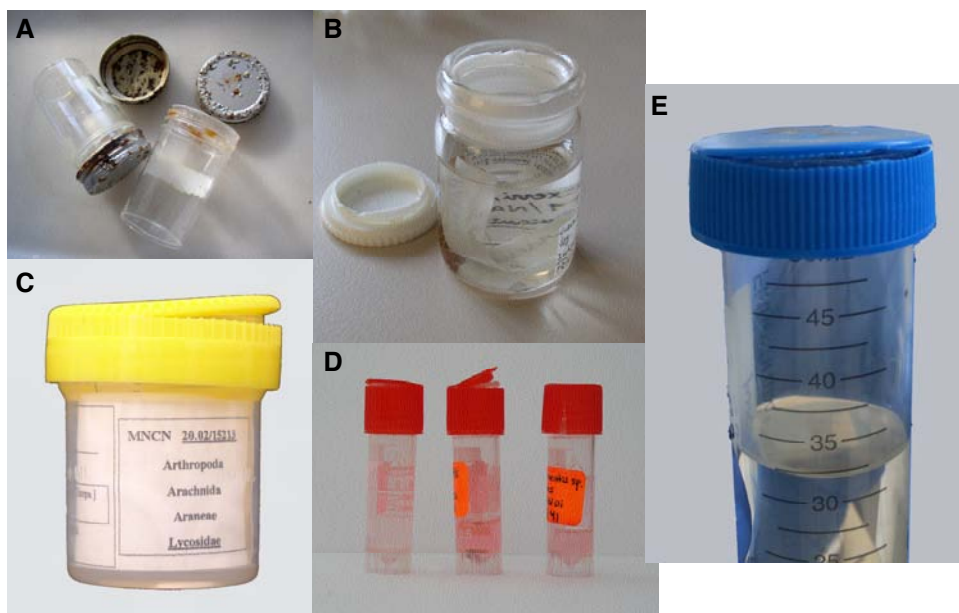
Por todas estas razones, en los biobancos se debe trabajar con consumibles plásticos de laboratorio de la mayor pureza posible, sobre todo si se dedican a cultivos celulares, inseminación *in vitro*, servicios de diagnóstico o cualquier otra área donde la protección contra la contaminación sea crucial. Los plásticos que están en contacto con las muestras no deben comprometerlas, para no influir en los resultados del análisis. Los tubos que van a mantener los especímenes (células o ácidos nucleicos) deben estar fabricados de PP virgen, grado criogénico y baja adhesión. Además, se recomienda el uso de plásticos estériles, no citotóxicos, libres de pirógenos, de adenosín trifosfato (ATP), de ADNasas y ARNasas, de ADN humano o bacteriano y de inhibidores de PCR, a prueba de fugas y validados para cumplir con las directrices, FDA o USP clase VI¹.

Se entiende por esterilización segura la que garantiza una probabilidad de 10^{-6} de contaminación con microorganismos viables, después del proceso de esterilización. Se recomienda trabajar con un SAL (*Sterility Assurance Level*) de 10^{-6} , este es el nivel que se debe exigir en materiales comercializados como estériles, el cual se obtiene por radiación de alta energía o bien por tratamiento con óxido de etileno. También se puede obtener este nivel de esterilización utilizando autoclaves.

Se denominan pirógenos a las sustancias que provocan fiebre suministradas por vía parenteral. Constituyen la clase más importante de las endotoxinas. Para detectar su presencia se usa un test denominado LAL (Lisado de amebocitos de *Limulus*). Las células sanguíneas de *Limulus polyphemus* Linnaeus, 1758 (cangrejo herradura) son muy sensibles a muy pequeñas cantidades de los lipopolisacáridos de las paredes celulares bacterianas, concretamente de las bacterias gram negativas, y se lisan en su presencia. La adición de una solución de lisado a un producto que contenga endotoxinas produce turbidez, precipitación o gelificación de la mezcla.

La ausencia de ATP es interpretada como ausencia de contaminación biológica. Para verificar dicha ausencia se utiliza la enzima luciferasa, que cataliza la

¹ Food and drug Administration (FDA) y United States Pharmacopeia (USP) establecen normas para asegurar la calidad de las medicinas y de otras tecnologías de asistencia sanitaria. Dichas normas incluyen ensayos de reactividad biológica para “elastómeros, plásticos y otros materiales poliméricos con contacto directo o indirecto con pacientes”. Están divididas en seis clases. La clase VI (USP) tiene los ensayos más estrictos con amplia aceptación en el sector de productos médicos.



Aspecto de tapas de plástico de polietileno con diferentes roturas producidas por interacción del mismo con los fluidos que contienen a lo largo del tiempo (B-E), en algunos casos menos de seis años. Problemas de oxidación ocasionados por el mismo motivo en tapas de metal (A). Fotografías: Isabel Rey.

oxidación del ATP en adenil-luciferina con emisión de luz. Esta bioluminiscencia se usa como un indicador de actividad metabólica y por lo tanto presencia de material biológico. La contaminación con ADN exógeno o enzimas que corten ADN o ARN, tiene una influencia decisiva sobre los falsos resultados obtenidos en biología molecular que provocan pérdidas de tiempo, económicas y en ocasiones de muestras irreemplazables.

Las tapas de algunos contenedores (por ejemplo, tubos tipo Falcon y de cristal) están fabricadas con polietileno (PE) y se ha observado que dicho compuesto ocasiona problemas de conservación por rotura a largo plazo. Las contratapas, que se colocan entre las tapas de plástico y los recipientes de cristal, suelen ser de politetrafluoroetileno (Teflón o PTFE) espumado o PE; también se deben colocar entre tubos de cristal y tapas de metal (que no se recomiendan) para retardar los problemas de oxidación. Las tapas de los tubos de PP o criotubos (0,5 a 2 ml), están también fabricadas en PP. Siempre que sea posible se deben utilizar tapas a rosca con un anillo de caucho o silicona, para evitar la evaporación. Además,



Muestra de diferentes tubos que durante su transporte han sufrido problemas de desborde del fluido ocasionando el borrado de siglas, secado y deterioro de las muestras o tinción del fluido por disolución de la tinta que rotulaba los tubos. Fotografía: Beatriz A. Dorda.

deben estar unidas al tubo para evitar cambios accidentales entre muestras, con los consiguientes problemas que esto acarrea por la mezcla de especies o especímenes.

Los componentes de los fluidos de conservación suelen oxidar las tapas metálicas, por lo que no se recomiendan para conservación a largo plazo, además provocan cambios físicos en algunos plásticos e incluso su rotura. En la imagen de la página anterior pueden apreciarse diferentes tipos de frascos utilizados de forma habitual para la contención de fluidos que presentan distintos tipos de roturas.

Por último, hay que garantizar la hermeticidad en cualquier tipo de envase que contenga fluidos, para evitar evaporación, que produciría el cambio de concentración de las disoluciones y, finalmente, deshidratación. Los tapones y sus juntas deben cumplir las regulaciones ADR e IATA, para soportar una presión de 0,95 bar (95 KPa); a esta presión, los tubos y tapas pueden deformarse ocasionando que se desborde el fluido y provocando que se borren las etiquetas o se deterioren las muestras.

6.1.1.3. SOBRES

Los sobres donde se coloca directamente la muestra o soportes pueden ser de plástico, papel o aluminio. Respecto al papel es recomendable que sus caracterís-

licas sean iguales a las reseñadas en el apartado 6.1.1.1 de este mismo capítulo, con un gramaje más elevado para conseguir la robustez necesaria (80-150 gr/m²). Los sobres de plástico suelen ser de polietileno de baja densidad (LDPE).

Los sobres de papel de aluminio se utilizan para impedir que entre humedad y proteger de la luz las muestras. En este punto es importante recordar que la impermeabilidad conseguida de esta manera impide la entrada de humedad, pero también la salida de la misma cuando la muestra retiene agua. Es decir, si una muestra se introduce mal seca, el papel de aluminio hará que este exceso de humedad no pueda salir por evaporación, pudiendo provocar efectos nocivos como hidrólisis o crecimiento de mohos.

6.1.1.4. CAJAS

Las cajas más empleadas suelen ser de cartón o plástico. El cartón debe tener unas características similares a las mencionadas para el papel (apartado 6.1.1.1 de este capítulo), las cuales sólo varían en gramaje y grosor (entre 160 y 600 g/m²). Además, suelen estar recubiertas por material que repele el agua para obtener una mayor durabilidad. Los plásticos más utilizados son el PP y el policarbonato (PC), pero pueden estar fabricadas con planchas de fibra resistente con un recubrimiento protector, por ejemplo las que se fabrican a partir de Tritan. Este es el nombre comercial (fabricado por Eastman) de un material libre de bisfenol A (BPA) que tiene propiedades similares a los plásticos comunes como el PC, es resistente a los golpes y no se deteriora por los múltiples ciclos de congelación descongelación o por la exposición a la humedad. Las cajas para contenedores de nitrógeno líquido incluyen ranuras para la evacuación segura y reducción del consumo.

Las precauciones que deben tenerse en cuenta son: que sean resistentes a la humedad, sobre todo aquellas que tendrán que soportar congelación y descongelación, y que tengan cierta resistencia a la apertura, para evitar que se abran con facilidad durante su manejo habitual provocando la caída de su contenido.

6.1.1.5. BALDAS, CAJONERAS, BANDEJAS, CAJONES Y ARMARIOS

Las baldas, cajoneras (*rack*), bandejas y cajones pueden estar contruidos en diferentes materiales dependiendo de que su posición sea en armarios a temperatura ambiente o bien en refrigeradores o congeladores. El tamaño y peso de todos estos elementos tiene que ser el adecuado para facilitar su manipulación y



Rack de acero inoxidable con capacidad para ordenar 20 cajas. Fotografía: Beatriz A. Dorda.

evacuación. Su función es por un lado garantizar el orden, pero por otro no menos importante facilitar la limpieza y en caso de necesidad la evacuación, reduciendo al máximo el tiempo requerido para la misma. El peso de un *rack* depende del número de cajas que pueda almacenar; si el *rack* es demasiado grande y su peso excesivo, no podrá ser evacuado como un conjunto. Una caja con 81 tubos (1,5-2,0 ml) de tejido congelado pesa 200-280 g. Un *rack* de aluminio vacío con capacidad para 25 cajas pesa 4 kg; de acero inoxidable, 7,5 kg. La suma supone un peso aproximado entre 13 y 15 kg por *rack*. Para evitar problemas de plagas o emisiones de compuestos químicos (lixiviación) no se recomienda el uso de maderas, en particular los aglomerados; si la colección se conserva a temperatura ambiente, se recomienda mobiliario metálico. Para evitar corrosión en almacenes refrigerados o congelados se recomienda exclusivamente el uso de acero inoxidable o aluminio.

Los armarios mantenidos en almacenes a temperatura ambiente deben estar contruidos, como sus anaqueles, en materiales metálicos. Se recomienda, eso



Detalles de sistemas de seguridad en congeladores: ventana con alarma sonora luminosa y posición de enchufes con conexión a la red eléctrica (arriba) y bala de CO₂ y sistema de seguridad: caja situada en la parte superior del congelador (abajo). Fotografías: Isabel Rey.

sí, que sean apilables y admitan la posibilidad de compactación sobre raíles para economizar espacio.

6.1.1.6. CONGELADORES, ALARMAS Y SISTEMAS DE *BACKUP*

Los frigoríficos y congeladores suelen estar fabricados en materiales metálicos dejando para su interior aluminio o acero inoxidable, aunque existen aparatos completamente diseñados con estos componentes.

Los congeladores pueden mantener temperaturas desde -20 °C a -80 °C, además existen ultracongeladores de nitrógeno líquido, ya sea en fase líquida, que mantienen las muestras a -196 °C, o en fase gaseosa, a una temperatura de -140 °C. En los primeros, los tubos se encuentran inmersos en el propio líquido, mientras que en los segundos se encuentran en una atmosfera fría, mantenida por el nitrógeno líquido que empapa una estructura en el interior de las paredes del ultracongelador.

Cuando se tienen congeladores de -80 °C (o de menor temperatura) es imprescindible un conjunto de sistemas de alarmas y de emergencia para garantizar la salvaguarda de los especímenes que se conservan en ellos. Es obligatorio que los congeladores tengan, al menos, alarmas de aumento de temperatura, *in situ* (sonoras y luminosas) y remota, conectadas a un sistema centralizado de alerta (por ejemplo un panel luminoso y sonoro) y controlado por el servicio de vigilancia en la institución. Además, los congeladores más sofisticados están implementados con diferentes sensores de datos electrónicos y alarmas que registran información sobre el estado de funcionamiento del equipo e incluyen alertas en caso de disfunción.

Si no existe vigilancia presencial y permanente, debe disponerse de un sistema de alarma remota conectado a uno o varios teléfonos de emergencia, con premarcación y mensaje de alarma, que se dispara por encima de una temperatura determinada, que comuniquen la eventualidad a un responsable.

También es necesario que los congeladores estén provistos de sistemas *backup* de CO₂ o nitrógeno líquido. Estos sistemas sirven para mantener la temperatura de los congeladores al menos a -75 °C mientras se producen averías o cortes de suministro eléctrico durante un periodo concreto. Estos dispositivos están compuestos por un sistema electrónico que controla la temperatura del congelador y regula la inyección de líquido en el mismo. Los contenedores o las

balas CO₂ albergan el gas en estado líquido por medio de alta presión y listo para ser inyectado en un congelador o sistema. Cuando se produce un fallo de funcionamiento y el congelador se calienta por encima de una temperatura definida por el usuario, estos sistemas inyectan una cantidad controlada de CO₂ líquido en el congelador. El punto de ebullición del CO₂ es de -78,5 °C, al ser inyectado hierve y absorbe calor, manteniendo la temperatura alrededor de -75° C. El tiempo durante el cual puede mantenerse esta temperatura depende del volumen de las balas. El tiempo típico de respaldo es de 8 horas con una bala estándar, a una temperatura definida de -60 °C.

6.1.1.7. CONTENEDORES DE TRANSPORTE

Durante las tareas de transporte deben utilizarse sistemas para evitar o minimizar roturas de recipientes. Con este objetivo se pueden usar espumas de polietileno para embalaje, tipo Plastazote® LD45, que debidamente dispuestas amortiguan golpes, choques o caídas. También hay que pensar en evitar la descongelación de tejidos o ADN mientras estos son transportados, sea cual sea la distancia a la que se lleven, y para ello se suele utilizar hielo o hielo seco (dióxido de carbono, CO₂ o nieve carbónica). El hielo mantiene las muestras a una temperatura de 0 °C y su estado cambia de sólido a líquido, mientras que el hielo seco mantiene una temperatura de -78 °C, y a esa temperatura se sublima de sólido a gas. El hielo seco no debe colocarse en recipientes herméticos porque la expansión del gas puede provocar una explosión, se guarda en cajas de poliestireno expandido (EPS) o porexpan, el popular corcho blanco o corchopán, producto aislante y poroso.

También se pueden utilizar jarras o frascos Dewar preparados para soportar las temperaturas del nitrógeno líquido. Actualmente existen pequeños contenedores portátiles de nitrógeno líquido con cierre hermético y que pueden ser utilizados en viajes. Estos dispositivos permiten transportar las muestras secas, sin líquidos libres (pues usan un material que absorbe nitrógeno líquido y lo mantiene de 1 a 2 semanas a -140 °C) lo que resulta más ventajoso, pues por su escasa peligrosidad, está exento de las regulaciones de transporte (tanto la Organización de Aviación Civil Internacional, ICAO, como la Asociación Internacional de Transporte Aéreo, IATA, le consideran perteneciente a la clase 2.2 - Gas no inflamable, no tóxico).

6.1.2. Etiquetas

Las etiquetas son el único vínculo que existe entre el espécimen y su información. Su pérdida o deterioro hace que esos especímenes (concretamente en el caso de las colecciones de tejidos) sean inservibles de forma irreversible. Es prioritario evitar la disociación de espécimen y etiqueta.

Los factores responsables de su degradación pueden ser clasificados como sigue:

- Degradación mecánica, que ocurre como consecuencia de las tensiones de flexión, torsión, elongación y desgaste.
- Degradación química, provocada por oxidación o hidrólisis.
- Termodescomposición, originada por efectos térmicos con exposición al calor o frío.
- Fotodegradación, ocasionada por las reacciones a diferentes radiaciones, como la ultravioleta.
- Biodegradación, causada por la acción de microorganismos, Hongos o animales (Roedores, Artrópodos).

Normalmente se etiqueta a temperatura ambiente pero las condiciones de servicio pueden variar desde un almacenamiento en frío (-196 °C, -80 °C) a un baño de agua caliente (100 °C).

6.1.2.1. MATERIALES

Las etiquetas pueden ser de papel o polímeros, dependiendo del tipo de conservación.

El tipo de soporte más popular utilizado para las etiquetas de especímenes conservados en seco o fluido es el papel. Las etiquetas de papel son extremadamente versátiles y suelen estar fabricadas de celulosa o de fibras de madera o algodón, pero para ser utilizadas en conservación deben atenderse a las características que ya detallamos en el apartado 6.1.1.1, además deben tener un gramaje suficiente para ofrecer resistencia a la degradación mecánica, tanto en seco como en húmedo.

Diversos materiales plásticos, tales como acetato, vinilo o PET (*polyethylene terephthalate*), añaden una gran variedad de ventajas, como una mayor fuerza, más

flexibilidad, transparencia y resistencia al desgarro. Por ello se convierten en útiles importantes en el diseño de etiquetas. El papel Tyvek (nombre de una marca registrada de la empresa DuPont) es un material plástico muy resistente (constituido por fibras de polietileno de alta densidad) en el cual se puede imprimir la información de forma convencional o por medio de presión; resulta un material excepcional para trabajo de campo o de laboratorio y sólo es vulnerable al calor.

Existen en el mercado etiquetas impermeables, otras resistentes a productos químicos y disolventes [alcohol, xileno, acetona, dimetil sulfóxido (DMSO), acrilonitrilo (ACN), metiletilcetona (MEK), lejía, etc.] e incluso resistentes a procesos físicos, como la exposición a autoclave, agua hirviendo o múltiples ciclos de congelación-descongelación, además del almacenamiento permanente en nitrógeno líquido y congeladores (con un rango de temperatura de -196 °C a +120 °C).

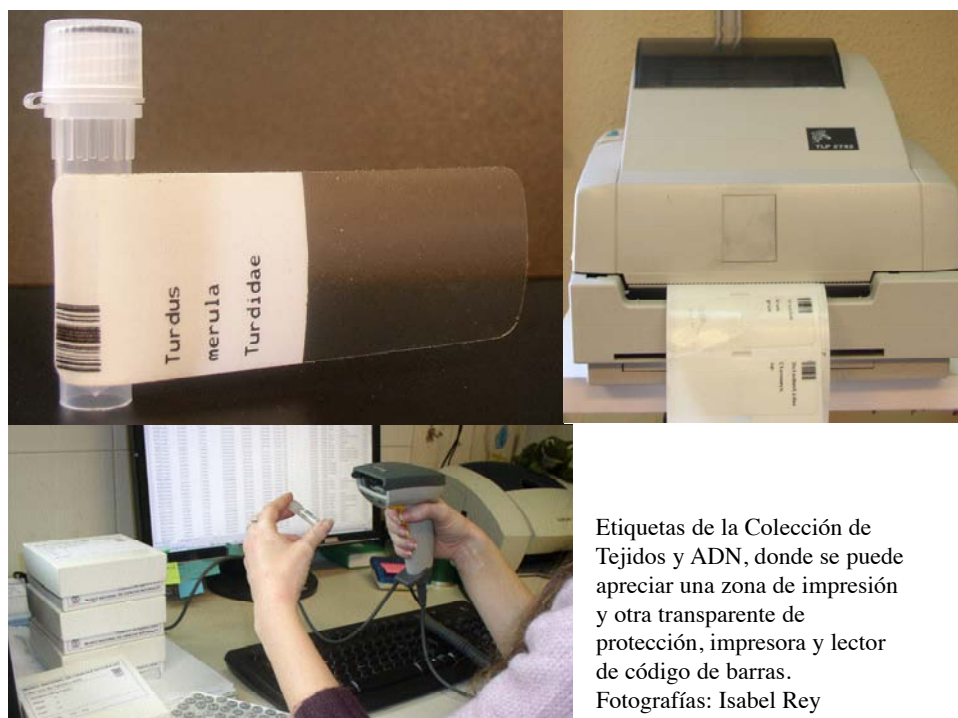
Para evitar el deterioro producido por degradación mecánica (arrastre superficial de las impresiones) se recomienda utilizar etiquetas criogénicas con envoltura de plástico transparente (*wrap around labels*).

6.1.2.2. ADHESIVOS

Los adhesivos suelen estar basados en resinas y cauchos sintéticos, mientras que los acrílicos, un tipo de polímero sintético, son adhesivos sensibles a la presión sin ninguna modificación (es decir, no necesitan calor o luz ultravioleta). Ofrecen una adhesión fuerte y duradera a temperatura ambiente y tienen buenas propiedades de envejecimiento y resistencia a los rayos ultravioletas. Son polares por naturaleza y por tanto confieren una buena adhesión a los sustratos de esta tipología, como el cristal y el nailon.

Los sistemas basados en el caucho pueden estar hechos de caucho sintético, como el estireno butadieno (SBR), o natural. La resistencia a rayos UV y al envejecimiento de este tipo de adhesivos no es tan buena como la de los adhesivos acrílicos y, en particular, la resistencia a rayos ultravioletas es considerablemente inferior.

Existen etiquetas de papel cuyos adhesivos con el paso del tiempo se oxidan o envejecen, virando el color del papel a amarillo-ocre (dificultando la lectura de la impresión), y perdiendo gradualmente sus propiedades de adhesión hasta que finalmente se endurecen tanto que se despegan. Es importante trabajar con adhesivos que tengan garantizada una gran permanencia.



Etiquetas de la Colección de Tejidos y ADN, donde se puede apreciar una zona de impresión y otra transparente de protección, impresora y lector de código de barras.
Fotografías: Isabel Rey

Además, hay que tener en cuenta que no todos los adhesivos se comportan igual a diferentes temperaturas, pues a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (nitrógeno líquido) se congelan y se despegan, por lo cual existen adhesivos especiales para almacenar en frío.

La adhesión también depende de la superficie y, por ello, las etiquetas que se utilizan en tubos tienen que ser proporcionadas, delgadas y flexibles; se recomienda utilizar un adhesivo de elevada cohesión, como el RP 31.

En ocasiones la falta de información de los materiales de fabricación de las etiquetas y adhesivos hace imposible una estima de su evolución, que sólo podrá ser evaluada por documentación y experimentación propia. Es recomendable dejar un tiempo de ventilación después de la adhesión de las etiquetas, para evitar emisión de vapores que no se pueden controlar y de los que desconocemos sus efectos sobre los tejidos o ácidos nucleicos.

6.1.2.3. IMPRESIONES E IMPRESORAS

Los soportes de información y contenedores de muestras fabricados en papel deben estar rotulados con tintas indelebles con base de carbón, resistentes a la

luz, a fluidos y a la abrasión (WILLIAMS & HAWKS, 1986; NATIONAL PARK SERVICE, 2005). Suelen estar rotulados con lápiz (grafito) o con tinta china (que es una suspensión en un medio líquido, que evita que se sedimente el pigmento, del denominado negro humo), aunque en la actualidad lo más común es utilizar tinta de impresoras cuya composición suele desconocerse. Se recomienda hablar con los fabricantes de tintas para conocer la composición de las mismas y, en su defecto, hacer pruebas para estimar su durabilidad en el tiempo y en diferentes medios (en seco o en disolución). El tóner de las impresoras láser también tiene una composición desconocida pero suele tener pigmentos con base de carbón que se funden sobre el papel durante en el proceso de impresión típico de estas impresoras, cuyo método de adhesión utiliza la presión y el calor. La diferencia básica entre ambos tipos de impresiones es que mientras que la tinta es una solución que se seca sobre el soporte, el toner es polvo seco que se funde por presión y calor.

Es común que los tubos de plástico puedan ser rotulados directamente con rotuladores indelebles, que contienen tintas resistentes al agua, alcohol o disolventes orgánicos, pero que son muy poco resistentes a la abrasión, por lo cual su impresión tiene que ser salvaguardada colocando sobre ella un plástico adhesivo o celo. Hay que tener cuidado con esto pues algunos adhesivos envejecen muy mal y acaban despegándose y la tinta suele quedar sobre el adhesivo y no sobre el tubo. Existen etiquetas que contemplan esta posibilidad, con una parte para ser impresa y una parte transparente para colocar sobre la impresión como mecanismo de protección.

También hay disponibles etiquetas hechas por impresoras térmicas, que imprimen polímeros sobre plástico, o por impresoras que graban sobre el propio plástico del tubo o de la pajuela.

6.1.3. Localización, acceso e instalación de depósitos y contenedores

Tanto la ubicación como el acceso de los depósitos de almacenamiento constituyen factores clave en la conservación preventiva de las colecciones, pero más si cabe en biobancos con muestras congeladas.

Los requerimientos para depósitos de especímenes conservados en fluido o en seco son idénticos a los especificados para colecciones clásicas, el mantenimiento correcto debe evitar fluctuaciones marcadas de los parámetros ambientales. Característica que se consigue evitando corrientes de aire, exposición a luz,



Rampa de acceso a los depósitos de la Colección de Tejidos y ADN del MNCN para facilitar la entrada y evacuación de los congeladores. Fotografía: Isabel Rey.

temperatura o humedad ambiente directa (eludiendo ventanas o paredes exteriores no aisladas) y focos de calor (como calefacción).

Es preciso que la localización de depósitos con ultracongeladores o instalaciones criogénicas dentro de los edificios sea de fácil acceso, para facilitar la movilidad de los congeladores y para acortar lo máximo posible los sistemas de tuberías de distribución de nitrógeno líquido o sus sistemas de transporte, por lo que se recomienda que se sitúen en una planta a pie de calle, para evitar escaleras o ascensores que pueden no funcionar en caso de emergencias. Deben ubicarse en salas suficientemente amplias y dispuestos de tal modo que permitan la apertura completa de las puertas, necesaria para poder manipular las cajoneras, cajones y bandejas de su interior, así como la ventilación de los motores (según las recomendaciones de los fabricantes). Estos detalles suelen ser fuente de gran número de problemas o inconvenientes. Por otro lado, estos aparatos deben estar en salas climatizadas, pues los dos motores de estos equipos emiten mucho calor

(3.500 Btu/h, British Thermal Unit o BTU). Las casas comerciales especifican que el rango de temperatura ambiente idóneo para que trabajen adecuadamente se sitúa entre 18 °C y 32 °C. Además, deben estar conectados a un sistema alternativo a la red eléctrica habitual, que entre en funcionamiento cuando ocurre un corte de suministro eléctrico externo. Por todas las razones anteriores se recomienda que estén centralizados en salas que reúnan todas las características especificadas, situación que, además, facilita un control rutinario.

Es muy recomendable que los depósitos de congeladores se ubiquen en plantas que puedan soportar sin dificultad el peso del conjunto de congeladores o refrigeradores (peso medio vacío de 300 a 600 kg por unidad, dependiendo de la marca y el volumen).

Los congeladores, aunque son estructuras pesadas, suelen estar preparados y se mueven fácilmente. Pero resulta imprescindible recordar que deben ser introducidos o evacuados de sus depósitos en el momento de la compra, durante reparaciones o en caso de desastres y, por fácil que resulte su desplazamiento, es inexcusable prever factores como la ausencia de obstáculos o el modo de sortearlos, la presencia de escaleras o rampas (siempre preferibles estas) o las dimensiones adecuadas de los pasillos y puertas por donde haya que transportarlos.

Por último, algunas recomendaciones sobre la instalación eléctrica, la posición de las tomas de corriente y sistemas de control ambiental.

Se recomienda que los enchufes de las salas de congeladores estén localizados altos, si es posible por encima de la altura de los congeladores, por las siguientes razones:

- 1º Facilita ver rápidamente si están conectados, importante cuando hay movimientos (por ejemplo durante periodos de limpieza) para evitar accidentes fortuitos.
- 2º Dificulta el acceso e impide que un equipo sea desconectado para utilizar esa toma momentáneamente.
- 3º Se evitan metros de cable por el suelo y facilita la limpieza de las salas.

Una estudiada instalación eléctrica sirve como sistema de protección de incidencias sobre aparatos individuales. Cada congelador debe tener su propia ins-



Conocer la ubicación de especímenes en cada uno de los congeladores y la posición de estos en los depósitos de la Colección de Tejidos y ADN del MNCN es absolutamente imprescindible para poder localizar tanto congeladores como muestras, y esa información debe incluirse en la base de datos. La combinación de los diferentes números (de congelador, de balda, de *rack*, de bandeja, de caja y de tubo) determina una localización única e inequívoca. Fotografías: Isabel Rey.

Tabla 10. Temperatura, humedad y nivel de iluminación recomendados.

	Humedad Relativa %	Temperatura °C	Lux
Depósitos de colecciones en seco o fluidos	35-40	14-16	50
Depósitos con congeladores	35-40	18-20	50

talación eléctrica contra cortocircuitos o sobrecargas de zona, con interruptores magnetotérmicos individuales para cada aparato. Así la incidencia de un aparato concreto no obliga al corte de energía de toda una sala.

Los depósitos deben estar provistos de sistemas de control de temperatura y de humedad cuando sea necesario (véase el apartado 6.2.1.1) y esos sistemas deben tener fácil acceso para su seguimiento y mantenimiento, pues de su correcto funcionamiento depende la estabilidad y la correcta actividad de los congeladores.

6.1.4. Ubicación de especímenes

Depósitos, congeladores, refrigeradores, armarios, baldas, cajones, cajas y sus separadores interiores deben estar localizados sobre un plano de posición y rotulados con identificación inequívoca, de forma que faciliten la ordenación y la localización de los especímenes (ver el apartado 4.3.2.2), al igual que la signatura topográfica de los libros en las bibliotecas. Este requerimiento es imprescindible para acceder a las muestras, donde quiera que estén colocadas, de forma rápida y eficaz. En el caso de muestras congeladas, permite mantener abiertos los congeladores el menor tiempo posible y evitar un esfuerzo excesivo e innecesario de los motores.

6.2. RUTINAS Y SISTEMAS DE CONTROL, SEGUIMIENTO Y SEGURIDAD

6.2.1. En depósitos y equipamientos

6.2.1.1. CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Los depósitos que mantienen colecciones en seco o en fluido pueden estar a temperatura ambiente, aunque se recomienda su climatización. Los que tienen



Detalle del filtro (rejilla de la derecha) y pilas (a la izquierda de la imagen) que garantizan la autonomía de la alarma en caso de fallo eléctrico. Fotografía: Isabel Rey.

congeladores deben estar climatizados para evitar el aumento de temperatura ocasionada por los motores de los equipos. En ambos casos se debe tener un control constante de temperatura y humedad (Tabla 10) y, por lo tanto, es recomendable que dispongan de un seguimiento rutinario por parte del personal o que estén monitorizados por instrumentos o sistemas digitales de vigilancia.

Si son necesarios sistemas de climatización o de ventilación es recomendable utilizar sistemas de filtración para evitar la entrada de polvo y contaminantes ambientales.

6.2.1.2. CONTROL DE ILUMINACIÓN

La iluminación de los depósitos sólo debe funcionar durante los periodos de trabajo, el resto del tiempo es recomendable que permanezca apagada. Las razones son que su funcionamiento eleva la temperatura y esto provoca un esfuerzo adicional en el trabajo de los motores de congeladores y climatizadores y, por otro lado, emite luz ultravioleta que ocasiona oxidación o envejecimiento de etiquetas y adhesivos. Puede resultar conveniente que las luminarias posean filtros para evitar las emisiones ultravioletas.



Exceso de hielo sobre las superficies internas de dos congeladores de -80 °C, que puede ser causado por la falta de hermeticidad y que ocasiona sobreesfuerzo de los motores y rotura de las juntas. Fotografías: Isabel Rey.

6.2.1.3. CONTROL DE FRIGORÍFICOS Y CONGELADORES

Las rutinas y sistemas de seguimiento de los frigoríficos comienzan por su limpieza, tanto de suciedad como de la acumulación de hielo.

En lo que se refiere a la primera, es imprescindible mantener un grado de desinfección limpiando las superficies con productos desinfectantes y antifúngicos que no las dañen u oxiden. Se debe evitar la suciedad en los filtros y mantenerlos limpios por medio de aspiración y, si el material lo permite, por agua; siempre se deben seguir las recomendaciones del fabricante.

Por lo que respecta al hielo, su acúmulo supone un sobreesfuerzo de la máquina y por lo tanto es imprescindible evitar su depósito en los bordes de las puertas y en el tubo aliviadero de vacío. Esta limpieza se debe realizar de forma mecánica usando un paño suave y seco para eliminar cualquier acumulación de escarcha en la superficie interior de la puerta del congelador.

El rellenado de nitrógeno líquido de los criocongeladores suele estar automatizado, por medio de un sistema de auto generación o por un servicio externo. El seguimiento de estos sistemas está monitorizado por instrumentos digitales de vigilancia que alertan de incidencias.

6.2.1.4. CONTROL DE SISTEMAS DE ALARMA Y SEGURIDAD

Como sistema de control para evitar o descubrir con rapidez catástrofes es interesante colocar dispositivos de detección. Los más habituales son de detección de humos (para evitar incendios), de inundación, de robo, de concentración de emanaciones (como alcohol) o de pérdida de oxígeno en depósitos de contenedores de nitrógeno líquido. Si bien todas ellas son medidas de protección para la seguridad de los trabajadores, también resultan serlo para los propios especímenes de la colección.

Los sistemas de alarma *in situ* y remoto se mantienen por pilas autónomas recargables (incluidas en el equipo), que deben ser periódicamente comprobadas. Algunos aparatos tienen una alarma luminosa que indica que esta pila está cargada y operativa.

También se deben revisar las baterías de los sistemas de *backup* de CO₂: éstas pueden tener una alarma luminosa que indica que las baterías están bajas y deben ser sustituidas. Es imprescindible hacer un seguimiento del volumen de las balas de CO₂ y recambiarlas siempre que sea necesario.

El sistema autónomo de energía es un sistema alternativo al habitual que sólo entra en funcionamiento cuando el corte de suministro eléctrico es externo; esta circunstancia hace imprescindible su seguimiento para evitar que no sea operativo por la falta de combustible.

La experiencia demuestra que conviene contar con un protocolo escrito para la conservación y seguimiento de los congeladores y otro de actuación en casos de emergencia o incidencias para saber cómo actuar en caso de problemas con los equipos (en cualquier horario, sea o no laboral). Éste se debe distribuir a todo el personal involucrado en el manejo de los congeladores, plantilla de la colección y personal de seguridad y es recomendable que se impartan cursos de formación sobre el procedimiento a seguir en caso de averías o incidencia, para salvaguardar las muestras. Es muy importante que los responsables de la seguridad de las colecciones de tejidos y ADN estén sensibilizados sobre el valor de su contenido.

Los protocolos de emergencia deben ser sometidos a controles periódicos para evaluar su eficacia.

Es importante establecer un sistema de “cartelas de incidencias” que se colocarán sobre las puertas de los equipos para poder discernir si la incidencia de un congelador se debe a una apertura prolongada o avería por un problema técnico. Cuando se mantienen abiertas las puertas mucho tiempo, la temperatura sube en relación directamente proporcional con el tiempo utilizado y al equipo le puede llevar horas estabilizar y restablecer la temperatura de trabajo habitual. Esto puede provocar que durante este tiempo de demora salten las alarmas *in situ* y remotas que alertarán a los servicios de vigilancia. Cuando acude un vigilante y no hay nadie que pueda dar razón de la incidencia, estas cartelas darán fe de estos sucesos para el observador pueda obtener una explicación, puesto que en ellas se debe anotar la temperatura final y las razones de una apertura excepcional.

Por último, es imprescindible mantener un congelador de emergencias vacío con las mismas características y volumen (mejor aún si es mayor) que el resto, para posibles evacuaciones; además, resulta interesante disponer de este equipo cuando se realizan las descongelaciones periódicas de limpieza.

6.2.2. En especímenes

6.2.2.1. CONTROL DE PLAGAS

Las plagas que pueden afectar a las colecciones de tejidos y ADN son Hongos y animales, como Roedores o Artrópodos (DAWSON, 1992; FLORIAN, 1997; GUILD & MACDONALD, 2004). Prácticamente se puede aplicar todo el conocimiento técnico publicado sobre plagas de las colecciones clásicas a la conservación en seco de los biobancos, pero además se debe tener en cuenta que los depósitos climatizados, frigoríficos y congeladores pueden sufrir también estas mismas plagas si no se controla el mantenimiento y las condiciones ambientales. El aumento de humedad y de temperatura, junto con la acumulación de polvo y materia orgánica, puede estimular el crecimiento de Hongos sobre superficies y contenedores. Se conoce, por propia experiencia en los años de trabajo en la Colección de Tejidos y ADN del MNCN, que los Hongos pueden afectar al interior de frigoríficos o cámaras climatizadas, incluso a una temperatura entre 5 °C y -5 °C.



Hifas de moho sobre extracto de ADN conservado a 5 °C.
Fotografía: Isabel Rey.

La forma más sencilla de controlar las plagas animales consiste en el seguimiento por parte de casas comerciales especializadas que se atienen a la estricta normativa vigente. En la actualidad no se utilizan fumigantes genéricos, sino que se usan trampas de feromonas que, cuando descubren un determinado peligro potencial, actúan de forma muy específica, por ejemplo sobre polillas o Derméstidos. Otra posibilidad es tener depósitos refrigerados a 14 °C, pues a esta temperatura no hay proliferación de Artrópodos, pero esto supone una climatización continua, que ocasiona un incremento en el gasto de mantenimiento, y que el sistema esté provisto de vigilancia, para evitar los problemas ocasionados por rotura o falta de suministro eléctrico.

Los Hongos pueden crecer con facilidad en los frigoríficos y pueden mantenerse en estado latente en congeladores a pesar de la temperatura, por ello es recomendable la limpieza de las superficies, contenedores y cajas que se coloquen en su interior. Se debe evitar introducir cajas traídas directamente del campo y si se pretende reutilizar cajas éstas deben estar previamente esterilizadas.

6.2.2.2. CONTROL DE PRODUCTOS CONSERVANTES

En relación a la conservación preventiva de los fluidos debe tenerse en cuenta principalmente la evaporación y, asociada a ella, la pérdida de la concentración estándar. Comprobar físicamente la concentración de los fluidos es trabajoso, pues implica el vaciado de recipientes en probetas para poder medir fácilmente su densidad. Cuando un frasco presenta evaporación no se debe rellenar con la disolución en la que supuestamente se estaba conservando, pues se desconoce la concentración real de la misma, sino con una nueva disolución con la concentración adecuada. Para facilitar esta tarea desde hace poco se ha desarrollado un sistema patentado de pastillas de plástico que se hunden o flotan en función de la concentración de etanol del recipiente (*Alcomon Indicator System*).

En las colecciones clásicas de fluido, con especímenes completos, el alcohol se recicla. En el caso de las colecciones de tejidos el alcohol nunca puede ser reutilizado para evitar contaminaciones cruzadas entre especímenes y especies (KEEL ET AL., 2011).

Además de las disoluciones de alcohol existen otras muchas utilizadas principalmente con Invertebrados, a las que se denomina con nombre propio: fluido de Koenike (45 % agua, 45 % glicerina, 10 % ácido acético glacial; COOK, 1974), o de Angelier (1 % ácido crómico, 98 %, agua, 1 % ácido acético glacial; ANGELIER, 1953). Son millones los especímenes que se han conservado históricamente de esta forma y es muy interesante, en la actualidad, trabajar con sus genomas tanto para estudios taxonómicos y filogenéticos como poblacionales (BI ET AL., 2013; NACHMAN, 2013). Sin, embargo aún son escasos los estudios en los que se ha intentado obtener ADN de material conservado en este tipo de preservantes, pero pueden revisarse algunas publicaciones como REY ET AL. (2004) o NAGY (2010).

6.2.2.3. CONTROLES DE VIABILIDAD DE MUESTRAS

Para hacer un seguimiento de la calidad de las muestras se deben efectuar controles de viabilidad de las mismas, realizando extracciones y amplificaciones periódicas para comprobar y dejar constancia de la evolución de las diferentes formas de preservación. Así se podrán evaluar a largo plazo los daños que ocasionan los distintos métodos de conservación: congelación, conservación en seco o en fluido (Tabla 11).

Tabla 11. Diferentes tipos de preservación de los biobancos de biodiversidad, en relación con el material conservado.

Seco	Seco, Tarjetas FTA de Whatman	Tejido / ADN
	Sílica gel	Tejido
	Liofilizados	Tejido / ADN
Fluido	Alcohol etílico 96-70 %	Tejido
	Tampón DMSO o EDTA	Tejido
Congelado	Congeladores de -80 to -20 °C	Tejido / ADN
	Nitrógeno líquido	Tejido

También es aconsejable participar en evaluaciones periódicas tanto de los estándares de conservación como de las técnicas del laboratorio de preparación, extracción y amplificación de ADN para mantener los niveles mínimos exigidos de buenas prácticas.

6.2.3. Datos

En la actualidad, toda la documentación en papel obtenida durante la entrada (cuadernos de campo, permisos) o a lo largo de la asimilación o uso de los especímenes, puede ser digitalizada, lo que facilita poder mantener varias copias de respaldo en diferentes lugares, incluso fuera del edificio.

Además es recomendable fotografiar los recipientes o tubos, embalajes, etiquetas de campo, en fin, cualquier detalle, característica o proceso que proporcione información sobre las muestras; estas imágenes también se pueden conservar en formato digital bajo estándares concretos (CBUC, s .d.; REILLY *ET AL.*, 1996; DAY, 2000).

Existen muchas formas de conservar la información digital, desde medios magnéticos hasta discos ópticos, pero estos sistemas de almacenamiento están hechos principalmente de materiales orgánicos que contienen polímeros, desde celulosa y sus derivados hasta resinas sintéticas. Como cualquier otro objeto artificial son susceptibles de sufrir daños químicos, físicos y biológicos, con la salvedad de que estos contienen patrimonio documental digitalizado. Para evitar su deterioro, sobre ellos también se debe hacer una conservación preventiva específica, incluso para evitar ataques a nivel biológico. Se puede encontrar información al respecto en CAPPITELLI & SORLINI (2005).

6.2.4. Personal

Todo el personal de un biobanco, cualquiera que sea su categoría profesional, debería asistir a cursos de formación sobre seguridad y prevención en el trabajo (*Ley 31/1995*, 8 del 11 de 1995, BOE 269), donde se indiquen los riesgos potenciales que se corren y la forma de evitarlos. Además, se deben proporcionar folletos informativos de prevención de riesgos. Es preciso también facilitar los diferentes equipos de protección individuales (EPI) y la documentación general aplicable en cada tipo de instalaciones que lo requieran (Tabla 12).

6.3. PLAN DE DESASTRES

Es un documento escrito que compila todas las actuaciones requeridas para cuando se produzca un siniestro o desastre de cualquier tipo, relacionado con los especímenes custodiados por colecciones, puesto que las acciones necesarias para evitarlo deben ser automáticas y eficientes.

Los planes de desastre de las colecciones clásicas pueden ser perfectamente utilizados por los biobancos, cuando se trata de colecciones que se preservan en seco o en fluido, pero aparece un nuevo tipo de conservación por congelación que requiere desarrollar una nueva estrategia.

Durante el primer proyecto SYNTHEsys² (2005-2008) se compiló información sobre este nuevo tipo de conservación y se generó un plan de actuación, del que la autora de esta tesis fue responsable.

Un plan de actuación como mínimo debe tener

1. Responsable de la emergencia
 2. Descripción de planos de las salas u otro tipo de almacén utilizado
 3. Descripción de los congeladores por separado o por grupos, si tienen características idénticas. Incluyendo los sistemas alternativos de seguridad (*backup*)
 4. Detección de las emergencias y del nivel de gravedad
- 4.1 Equipo y área afectada

² Syntesys of Systematic Resources (SYNTHEsys), financiado por la Comisión Europea (Ref.: FP6-506117), con la participación de 20 Instituciones Europeas agrupadas en 11 *clusters* nacionales (TAFs) desde el 2004 a 2008, cuya iniciativa es la integración de infraestructuras de colecciones científicas para promocionar su uso y conseguir una estandarización homogénea (<http://www.synthesys.info/>).

Tabla 12. Equipos de protección personal y materiales de seguridad necesarios en laboratorios de toma de muestras biológicas y laboratorios de biología molecular.

Guantes de protección anticorte (púas, dientes, garras, picos)
Guantes de protección térmica (para trabajos con bajas temperaturas)
Ropa de laboratorio específico para cada laboratorio (biológico, químico)
Mascarilla y guantes (nitrovinilo, látex)
Máscara o protección ocular
Fichas de seguridad química de todos los productos que se manipulen
Protocolos de trabajo y de actuación en caso de incidente
Protocolos de traslado e incineración de residuos
Ropa y calzado de trabajo de abrigo (para trabajos con bajas temperaturas)

4.2 Corte de suministro eléctrico externo o interno

4.3 Fallos en los sistemas de climatización de las salas

4.4 Fallos de los equipos

4.5 Otros

5. Planes de seguimiento, dependiendo del nivel de la emergencia

6. Planes de evacuación

Somos conscientes de que cuando nos referimos al término desastre por lo general sólo se entiende algo grande y ruinoso; pero en ocasiones pequeñas alteraciones o fallos, relacionados con la conservación de colecciones, pueden ser causa de serias pérdidas y esta afirmación es mucho más evidente cuando conservamos muestras para estudios moleculares. Los responsables de la conservación de colecciones no deberían caer en la presunción de pensar que un desastre siempre será algo grande y obvio, como un incendio. Dicho esto podemos generalizar y enumerar los desastres que pueden afectar a nuestras colecciones: fuego, terremotos, fallos eléctricos, plagas, inundaciones, vandalismo, robo o terrorismo, entre otros.

No puede existir un plan de desastres único, puesto que cada institución tiene su propia idiosincrasia de organización y gestión, por esta razón se plantea el desarrollo de un documento de actuación como una posible guía de trabajo, cuyo contenido debería mostrar las directrices a seguir por cada institución, dejando abierta la posibilidad de que cada una de ellas pueda incluir las peculiaridades o modificaciones reglamentarias específicas que le afecten. En algunos casos, las

colecciones son institucionales y disponen de un personal técnico especializado en su conservación, mientras que en otros casos dependen de personal no especializado e incluso pueden estar atendidas por estudiantes sin formación específica. La buena voluntad sin formación debe ser asumida como un riesgo más que deberemos considerar.

Atendiendo a la lógica, de forma genérica se deben tener en cuenta los siguientes aspectos básicos: a) cuáles son los riesgos de nuestra colección, b) cómo se pueden mitigar o evitar, c) cómo nos preparamos para ellos y d) de qué forma se han resuelto los desastres que ya han ocurrido.

Para contestar a la primera pregunta se deberían enumerar los tipos diferentes de colecciones, las características de los elementos que las componen y cada uno de los riesgos que pueden afectar a cada una de ellas. En la segunda pregunta se cuestiona cuáles serán las disposiciones y los mecanismos que pueden alertarnos o paliar los distintos riesgos; en este caso es muy recomendable estar informado sobre las innovaciones tecnológicas que puedan ser implementadas en cada caso. Por último, que cada una de las instituciones puede abordar sus propios planes de rescate incrementaría su eficacia de forma exponencial si se pudiera establecer una biblioteca virtual donde pudiéramos disponer, además de la bibliografía ya existente, de la experiencia de los técnicos y de las instituciones que custodian colecciones de esta naturaleza, en las que los diversos elementos activos aporten sus ideas y soluciones ante situaciones de emergencia o riesgo.

La literatura escrita acerca de los planes de emergencia es abundante (SÖDERLUND CONSULTING, 2000) y siempre se aprecia en ella que las tareas de trabajo se dividen en tres partes: antes, durante y después del desastre.

Antes es el periodo en el que se deben enumerar los posibles riesgos y las disposiciones y rutinas de trabajo que paliarán o evitarán los daños; además, se deben decidir las prioridades de rescate de las colecciones, así como los equipos humanos especializados y entrenados de trabajo.

Durante el desastre, el plan da respuesta a todos los problemas técnicos y logísticos, de forma automática, evitando pérdidas de tiempo o improvisaciones no pertinentes.

Después, el plan deberá valorar los efectos del desastre y especificar cómo conseguir recuperar aquello que haya sufrido las incidencias; además, se debe

Tabla 13. Esquema de las diferentes etapas que deberán ser atendidas por un Plan de Desastres.

ANTES	Prevención	Estudio de posibles riesgos
	Preparación	Reducir los riesgos Colecciones prioritarias Equipo responsable de desastres Redes de ayuda Entrenamiento
DURANTE DESPUÉS	Respuesta	Plan de respuesta a al desastre
	Recuperación	Plan de recuperación del desastre
	Revisión	Revisión del plan Publicación

valorar la eficacia del plan y sus posibles fallos ante dicho desastre concreto. Todo ello se ha resumido de forma esquemática en la Tabla 13.

6.3.1. Prevención

Como ya se ha señalado, se trata del estudio de todos los posibles riesgos que puedan afectar a cualquiera de los aspectos de conservación de un biobanco.

6.3.1.1. RIESGOS AJENOS AL TIPO DE COLECCIÓN

Son los desastres naturales, que se originan por el clima o la localización geográfica y los desastres de origen humano (industriales o tecnológicos). Existen multitud de posibles fuentes de problemas que pueden afectar en mayor o menor medida a los especímenes conservados por los biobancos y que se pueden prevenir. En la Tabla 14 se han resumido todos los fenómenos considerados.

6.3.1.2. RIESGOS PROPIOS DE LA COLECCIÓN

Los riesgos propios de la colección son aquellos causados principalmente por falta de mantenimiento o almacenamiento defectuoso o por sobreesfuerzo de equipos. Se puede ver un esquema detallado del origen de los riesgos y de los problemas que pueden ocasionar en la Tabla 15.

6.3.1.3. REDUCIR LOS RIESGOS

6.3.1.3.1. Rutinas de control y seguimiento. Se diferencian dos tipos de sistemas de control y vigilancia: monitorización por instrumentos digitales (detectores

Tabla 14. Riesgos externos que pueden afectar a los biobancos.

Agua	Llanuras de inundación, rotura de presas, lodo, tsunami, rotura de tuberías, goteras, huracanes, tormentas, temporales
Movimientos	Terremotos, hundimientos del terreno, vibraciones
Viento	Huracanes, tornados, tormentas
Fuego	Natural, provocado, químico, eléctrico
Plagas	Animales (Insectos, otros Artrópodos, Roedores), Hongos, microorganismos
Escapes o derrames peligrosos	Vertederos, industrias químicas, laboratorios de investigación
Fallos eléctricos	Apagones, cortocircuitos, picos de tensión
Roturas técnicas	Fallos en motores, sistemas de refrigeración o sistemas de climatización
Humano	Guerra, terrorismo, robo, vandalismo, accidentes, falta de experiencia o errores humanos

de humo, inundación, subida de temperatura o robo, por ejemplo) y humanos. Es imprescindible, en ambos casos, cumplir una serie de protocolos de seguimiento, por ejemplo, comprobar periódicamente que los detectores funcionan correctamente. Además, los equipos eléctricos que están involucrados en las nuevas colecciones (frigoríficos, congeladores o climatización), aunque estén vigilados por instrumentación *in situ* y remota, deberán ser revisados diariamente, y sus sistemas de seguridad, periódicamente.

6.3.1.3.2. Conservar colecciones paralelas y especulares en diferentes localizaciones. Una interesante posibilidad es la conservación paralela de idénticas muestras en diferentes tipos de conservación. Sería especialmente recomendable (siempre que haya suficiente cantidad de un espécimen) tener las muestras congeladas repetidas con otro tipo de conservación (seco, fluido), puesto que estos métodos no son dependientes de la energía eléctrica y pueden mantenerse a temperatura ambiente. Esta duplicidad ha demostrado ser muy conveniente en casos de largos cortes de suministro eléctrico, como ha ocurrido después de grandes tormentas, huracanes o tras incendios. Situaciones reales deben ser tenidas en cuenta por improbables que parezcan; citemos, a modo de ejemplo, un corte de suministro eléctrico de cinco días, producido en enero de 2009 al norte de las provincias de Lugo y La Coruña, ocasionado por un ciclón; una semana sin servicio eléctrico en marzo del 2010 en diferentes municipios de Gerona. Un acontecimiento de estas características, con consecuencias desastrosas para una colección tuvo lugar, en

Tabla 15. Esquema de las posibles causas de riesgos propios de biobancos.

PROVOCA			
Sistemas de almacenamiento o mantenimiento defectuosos	Hacinamiento	Roturas de contenedores	Mezcla de especímenes
	Colapso de estantes		Deshidratación
	Mala ventilación y falta de hermeticidad	Aumento de concentración de alcohol en el ambiente	Incendio
	Falta de filtros, estanquidad o seguimiento	Aumento de concentración de polvo y suciedad	Plagas de insectos, otros Artrópodos o Roedores
Sobresfuerzo de equipos	Congeladores	Rotura	Descongelación
		Congelación de motores	
		Cortocircuito	Incendio, descongelación
	Climatización	Exceso de humedad	Hongos, corrosión
		Exceso de frío o calor	Disfunción de equipos
	Iluminación defectuosa	Reacciones químicas no deseadas	Oxidación, envejecimiento de contenedores y etiquetas

Nueva York durante el huracán Sandy, a finales de octubre de 2012: la falta de energía eléctrica bloqueó el acceso al centro de investigación del NYU Langone Medical Center (el cual se realizaba por medio de tarjetas electrónicas), este centro –dedicado a enfermedades cardíacas, neurodegenerativas e investigación del cáncer–, albergaba animales, tejidos e importantes líneas celulares irremplazables que se perdieron sin remisión. (<http://abcnews.go.com/Health/sandys-blackout-threatens-destroy-trove-medical-research/story?id=17601126>, <http://www.the-scientist.com/?articles.view/articleNo/33109/title/NYC-Science-Stunned-by-Sandy/>). Otro incidente similar se produjo, el 15 de mayo del 2010, cuando un incendio en el laboratorio del Instituto Butantan al oeste de São Paulo destruyó miles de especímenes de serpientes y Arácnidos (aproximadamente 85.000 ejemplares) de la mayor colección del mundo de estos animales en los trópicos.

Estas situaciones catastróficas inducen a recomendar que los depósitos de colecciones paralelas estén físicamente en lugares alejados, para evitar riesgos que afecten a una zona o un edificio concreto, especialmente en caso de fuego o inundación.

Del mismo modo podrían realizarse convenios de colaboración entre instituciones que mantuvieran colecciones duplicadas (especulares) de especímenes, de modo que si una sufre un desastre irremediable la otra pueda salvaguardar un porcentaje de lo custodiado por la primera. Sólo es posible, como condición previa, cuando el espécimen a custodiar sea suficientemente grande como para poder duplicarse.

6.3.1.3.3. Obligatoriedad de conocer los riesgos personales y formación sobre protección. El personal tiene la obligación de conocer tanto los riesgos que pueden afectar su salud e integridad física como los que conciernen a las colecciones en que trabajan y deberán informar de cualquier incidencia.

6.3.2. Preparación

6.3.2.1. COLECCIONES PRIORITARIAS

Son aquellas que por sus características deben ser atendidas en primer lugar, si sólo hay un tiempo determinado y hay que tomar la decisión de qué se salva. En el caso de las colecciones de historia natural la prioridad la tienen los especí-

menes denominados “Tipos”, que son aquellos que han servido para describir nuevos taxones. Se identifican de forma específica marcándolos con rojo y se colocan todos juntos para facilitar su evacuación. En los biobancos también se debe seguir con este criterio. Además de las series típicas, los biobancos mantienen especímenes únicos por sus características, por ejemplo especies o poblaciones extintas o de difícil obtención por el medio en el que viven. Si la colección tiene espacio suficiente, todas estas muestras deberían ser reunidas en un único lugar y en un mismo congelador, para atender y poder evacuar éste el primero. Por último, se debería tener especial atención con aquellas muestras que pueden suponer un riesgo biológico en caso de descongelación, identificándolas por algún sistema (marcas de colores en las tapas) para evitar problemas y manejarlas con equipos de protección personal adecuados.

6.3.2.2. EQUIPO DE COLECCIONES RESPONSABLE DE DESASTRES

Es el personal entrenado con una organización clara y previamente establecida. Cuando ocurre un desastre son muchas las personas que quieren echar una mano, pero es preciso que las tareas concretas sean coordinadas por aquellas personas que saben lo que se tiene que hacer y no improvisar sobre la marcha. Por ello es necesario que se establezca una jerarquía de trabajo piramidal con un jefe de equipo y diferentes niveles de técnicos que coordinen las tareas de voluntarios si fueran necesarios.

6.3.2.3. REDES DE AYUDA

Es importante tener listados, direcciones y teléfonos de todos los proveedores habituales de la institución u otros, incluso de instituciones que puedan ayudar, donde se pueden obtener cualquiera de los siguientes elementos con premura, para no perder tiempo en buscar.

6.3.2.3.1. Contenedores. Cuando se produce un desastre es importante conocer dónde podemos depositar todos aquellos especímenes que pueden haber sido afectados, por ejemplo bolsas, cajas o cubos de plástico, etc.

6.3.2.3.2. Transportes y depósitos. También es importante conocer cómo podemos transportar todos aquellos especímenes afectados hasta los depósitos

de evacuación transitorios, donde se procederá a salvaguardarlos hasta la solución del desastre y donde también se evaluarán los daños. Carros, camiones o furgonetas y almacenes de temperatura ambiente, climatizados o congeladores, propios de la institución o externos (por ejemplo alquilados).

6.3.2.3.3. Suministros. Se refiere a cualquier tipo de material que pueda ser útil, como papel secante, bolsas de plástico, escobas, fregonas, aspiradoras de agua, silicagel, selladores térmicos, cinta selladora, rotuladores, lápices, herramientas eléctricas y de fontanería, ropa de trabajo y de seguridad, y que en momentos de crisis debe ser obtenido de forma rápida y en ocasiones en gran volumen.

6.3.2.4. ENTRENAMIENTO

Los protocolos de respuesta en caso de desastre deberán estar escritos y al personal que atenderá el desastre se le debe entrenar para que memorice y conozca las rutinas, rutas y prioridades en caso de actuación. Los desastres tendrán que ser atendidos por tres equipos: servicio de seguridad, servicio de mantenimiento y personal de colecciones. Cada uno tendrá protocolos concretos y coordinados y sólo se conseguirá la mayor eficacia y óptimos resultados si sus tareas han sido previamente ensayadas.

6.3.3. Respuesta

6.3.3.1. IDENTIFICACIÓN DEL INCIDENTE

Para poder disminuir el daño, es crítica la rapidez de localización. Es importante averiguar dónde se está produciendo el incidente, pues cuanto antes sea localizado antes se le puede poner remedio. Para ello se utilizan sistemas de detección automática como detectores de humo, de inundación, de temperatura, localizados *in situ* o remotos. Pero también pueden usarse rutinas de seguimiento humano, realizadas por el servicio de seguridad, estableciendo rondas que específicamente pasen por zonas de interés.

Cuando el seguimiento es humano no se debe dejar a la memoria el recuento de lo que debe ser supervisado, es importante que existan listados o protocolos de todo lo que debe ser revisado para no olvidar nada. Estos protocolos también pueden ser utilizados para hacer un seguimiento de un incidente y estimar la velo-

cidad a la que se está produciendo. Por ejemplo, cuando un congelador está ganando temperatura se puede valorar el tiempo que tarda en aumentar un grado y así se puede decidir si se necesita una intervención de emergencia o se puede esperar al horario laboral.

6.3.3.2. EQUIPOS

El equipo de personas que responden a un incidente, como se ha indicado, debe estar entrenado y contar con una organización clara y previamente establecida.

6.3.3.3. PROCEDIMIENTOS DE RESPUESTA SEGÚN EL GRADO

6.3.3.3.1. Evacuación o medidas de estabilidad. Los procedimientos de emergencia deberán estar escritos y ser únicos para facilitar su distribución a todos los servicios y responsables de emergencia. Se debe comprobar que todos los implicados tengan el mismo documento. Establecerán la forma de trabajo, tanto del seguimiento inicial como de los procedimientos ante una situación de emergencia.

La evacuación debe ser lo más rápida y controlada posible. Para ello se deberán haber implementado aquellos materiales que la faciliten. Por ejemplo, deberán existir cestos y carritos y los congeladores deberán estar provistos de *racks*, para poder mover de una vez muchas cajas y como consecuencia muchas muestras. Sobre la base de la propia experiencia de la Colección de Tejidos y ADN del MNCN, un congelador con capacidad para albergar 60.000 muestras (600 cajas en 24 *racks*) puede vaciarse en 2 minutos.

Antes de una evacuación se debe comprobar si están disponibles los depósitos de reubicación para emergencia y colocarse todos los EPIs de seguridad necesarios.

El proceso de evacuación se deberá realizar según las prioridades establecidas previamente y dicha evacuación será coordinada y controlada.

6.3.3.3.2. Reubicación de los evacuados. Se debe dejar constancia de la nueva ubicación de los evacuados para evitar otro desastre que sería su pérdida de emplazamiento.

6.3.4. Recuperación

6.3.4.1. PLAN DE RECUPERACIÓN DE ESPECÍMENES

6.3.4.1.1. Preparación de la recuperación. Incluye desde la preparación del material y espacio de trabajo necesario hasta la comprobación de las localizaciones donde se ubicó el material durante la evacuación de emergencia. Estima del tiempo en horas y días necesarios.

6.3.4.1.2. Registro y evaluación del daño. Para poder evaluar el daño se deberá proceder siguiendo unos protocolos previamente establecidos. Los biobancos deben incluir actuaciones como elección al azar de un número significativo de muestras, extracción de ADN, control de calidad y cantidad y decisión de guardar o incinerar.

6.3.4.1.3. Recuperación de materiales y equipos (no especímenes, no muestras). Es precisa la actualización de personal técnico (servicio de mantenimiento interno o externo) que repare los daños y compruebe si los sistemas de seguridad están funcionando y si lo hacen adecuadamente.

6.3.4.1.4. Estabilización del ambiente. Implica controlar durante un tiempo hasta tener la seguridad de que todo ha vuelto a la normalidad. Por ejemplo, la humedad de los depósitos se mantiene constante en almacenes que han sufrido inundación o congeladores reparados garantizan la temperatura deseada sin fluctuaciones antes de recolocar las muestras en su lugar de origen.

6.3.4.2. RECUPERACIÓN DE LA UBICACIÓN DE LOS ESPECÍMENES

Alcanzadas las condiciones normales, hay que devolver a la ubicación original guardada en las bases de datos las muestras, por lo que conviene testar al azar ubicaciones según la base de datos para comprobar que todo está localizado en el lugar que le corresponde y por lo tanto no se ha perdido nada. Si no se puede usar la misma ubicación original, habrá que reubicar las muestras en la base de datos.

6.3.5. Revisión

6.3.5.1. REVISIÓN DEL PLAN

Se deben encontrar las debilidades y fortalezas, dónde se ha fallado o se ha alargado el tiempo de respuesta y cuáles han podido ser las causas y dónde se han superado las estimas previstas y a qué puede haberse debido.

6.3.5.2. ACTUALIZACIÓN DEL PLAN Y DE LOS CURSOS DE ENTRENAMIENTO

Una vez analizadas las causas anteriores se deben implementar las pertinentes modificaciones en el plan escrito y en los cursos de formación.

6.3.5.3. PUBLICACIÓN

Las situaciones y las soluciones aplicadas a las que se enfrentan los profesionales cuando sucede un desastre son situaciones que otros tendrán que afrontar, y es muy recomendable que esa información sea pública, para que pueda ser utilizada y aprovechada.

Ejemplos de todo lo anterior se pueden encontrar en una serie de apéndices: el APÉNDICE X detalla las tareas de seguimiento y control del servicio de seguridad para las salas de congeladores; en el APÉNDICE XI se muestra el protocolo de actuación en caso de incidencias en los congeladores de -80 °C del MNCN, durante y fuera del horario laboral; por último, el APÉNDICE XII presenta las normas de conservación y mantenimiento de los congeladores del MNCN y las recomendaciones generales de uso.



7. CONCLUSIONES

Aspecto de varios congeladores de -80 °C utilizados para conservar muestras de Tejidos y ADN. Fotografía: Isabel Rey.

1. Se recopilan e integran por primera vez en un único manual todas las tareas involucradas en la conservación de un biobanco de biodiversidad, que servirá de base para la consulta y evolución de esta área de la conservación en colecciones de Historia Natural en general y en la Colección de Tejidos y ADN del MNCN en particular.
2. Se realiza una revisión histórica general de los orígenes y de la evolución de la preservación y de las colecciones y en particular de las colecciones de tejidos y de sus diferentes modos de conservación.
3. Por primera vez se recopila y se resume críticamente toda la legislación y normativa que afecta a las colecciones de tejidos y ADN, desde el punto de vista del patrimonio natural y del patrimonio histórico. Se incluyen tanto convenios internacionales CITES como CBD, y se detallan y explican los requisitos necesarios para cumplir con el acceso a los recursos genéticos (ABS) y garantizar su trazabilidad; además de las normas sobre seguridad biológica SANDACH. Se aportan, también, reflexiones sobre la legislación vigente y sus carencias.
4. Se establecen los criterios básicos de aceptación de material en colecciones y se definen los requisitos que se deben tener en cuenta para las entradas de este tipo de material en colecciones.
5. Se recopilan todos los tipos de conservación que se utilizan en los biobancos de biodiversidad, especificando sus características y se analizan sus potencialidades.
6. Se exponen las razones que justifican y avalan que las colecciones de tejidos y ADN tienen entidad en sí mismas como para ser colecciones científicas independientes de las colecciones clásicas, más allá de las consideradas colecciones complementarias.
7. Se establece un protocolo para que el préstamo de material que suponga agresión o destrucción de piezas pueda ser permitido y que su justificación, consensuada por un comité experto, deje constancia de tal necesidad en pro del progreso de la ciencia y que sirva para avalar ante la sociedad las

razones por las cuales se autoriza dicha acción a pesar del deterioro que supondrá sobre un “patrimonio biológico”.

8. Se establecen por primera vez los criterios para una conservación preventiva básica en colecciones de tejidos y ADN, estructurando los diversos elementos y procesos que deben ser atendidos para lograr una actuación coherente y eficaz que salvaguarde los especímenes que las componen. Tales criterios se articulan en todo lo referente a soportes, contenedores, etiquetas, accesibilidad, ubicación y rutinas de seguimiento y seguridad.
9. Dentro de la llamada conservación preventiva, y también por vez primera, se tienen en consideración los posibles desastres y plagas que pueden afectar al material (tejidos o ADN) en función de cada tipo de conservación y se especifican las variables que deben ser atendidas para evitar o reducir sus efectos o, en su caso, para minimizar las consecuencias.
10. Se desarrolla, en primicia, una guía para elaborar un plan de desastres y se ejemplifican los protocolos de seguridad necesarios.
11. Se ha recopilado una base de datos con más de 1.000 referencias bibliográficas consultadas, de las cuales más de 350 aparecen en esta tesis, que constituye la guía más completa de información en estos aspectos reunida hasta ahora.
12. Como resultado final de este estudio se ponen de relieve una serie de nuevos conceptos a tener en consideración y se detectan y describen los posibles problemas específicos de este tipo de preservación de patrimonio que aún están sin resolver y, en muchas ocasiones, sin abordar adecuadamente y que se relacionan principalmente con la conservación a largo plazo.



8. BIBLIOGRAFÍA

*I humbly offer the following experiments to your
highness's Patronage, to protect them from the
reproaches a that the ignorant are apt unreasonably to
cast on researcher of this kind, notwithstanding they
are the only solid and rational means whereby we may
ever hope to make any real advance in the knowledge
worthy the attainment of Princes*

Stephen Hales

Detalle de algunos ejemplares de varias
ediciones del *Systema Naturae* de
Linnaeus (biblioteca de la Colección de
Malacología del Institut Royal des
Sciences Naturelles de Belgique,
Bruselas). Fotografía: Beatriz A. Dorda.

- AGORRETA, A., DOMÍNGUEZ-DOMÍNGUEZ, O., REINA, R. G., MIRANDA, R., BERMINGHAM, E. & DOADRIO, I. 2013. Phylogenetic relationships and biogeography of *Pseudoxiphophorus* (Teleostei: Poeciliidae) based on mitochondrial and nuclear genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 66(1): 80-90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2012.09.010>.
- ALBERT, E. M., SAN MAURO, D., GARCÍA-PARÍS, M., RÜBER, L. & ZARDOYA, R. 2009. Effect of taxon sampling on recovering the phylogeny of squamate reptiles based on complete mitochondrial genome and nuclear gene sequence data. *Gene*, 441(1-2): 12-21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gene.2008.05.014>.
- ALJANABI, S. M. & MARTINEZ, I. 1997. Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques. *Nucleic Acids Research*, 25(22): 4692-4693. <http://dx.doi.org/10.1093/nar/25.22.4692>.
- ALMODÓVAR, A., MACHORDOM, A. & SUÁREZ, J. 2000. Preliminary results from characterization of the Iberian Peninsula sturgeon based on analysis of the mtDNA cytochrome b. *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 16(1/4): 17-28.
- ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ, E. 2006. *Los objetos adorno-colgantes del Paleolítico Superior y del Mesolítico en la Cornisa Cantábrica y en el Valle del Ebro: una visión europea*. Colección Vitor, 195. Ediciones Universidad Salamanca. Salamanca. 1333 pp.
- ANGELIER, E. 1953. Recherches écologiques et biogéographiques sur la faune des sables submergés. *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale*, 90: 37-161.
- ARAUJO, R., REMÓN, J. M., MORENO, D. & RAMOS, M. A. 1995. Relaxing techniques for fresh-water molluscs: trials for evaluation of different methods. *Malacologia*, 36(1-2): 29-41.
- ARMBRUSTER, G. F. J., KOLLER, B. & BAUR, B. 2005. Foot mucus and periostracum fraction as non-destructive source of DNA in the land snail *Arianta arbustorum*, and the development of new microsatellite loci. *Conservation Genetics*, 6(2): 313-316. <http://dx.doi.org/10.1007/s10592-004-7823-9>.
- ASIF, M. & CANNON, C. H. 2005. DNA extraction from processed wood: a case study for the identification of an endangered timber species (*Gonystylus bancanus*). *Plant Molecular Biology Reporter*, 23(2): 185-192. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02772709>.
- AUSTIN, J. J. & ARNOLD, E. N. 2006. Using ancient and recent DNA to explore relationships of extinct and endangered *Leiolopisma* skinks (Reptilia: Scincidae) in the Mascarene islands. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 39(2): 503-511. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2005.12.011>.
- AUSTIN, J. J., ARNOLD, E. N. & JONES, C. G. 2004. Reconstructing an island radiation using ancient and recent DNA: the extinct and living day geckos (*Phelsuma*) of the Mascarene islands. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 31(1): 109-122. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2003.07.011>.
- AYALA, F. J., POWELL, J. R., TRACEY, M. L., MOURAO, C. A. & PÉREZ-SALAS, S. 1972. Enzyme variability in the *Drosophila willistoni* group. 4. Genic variation in natural populations of *Drosophila willistoni*. *Genetics*, 70(1): 113-139.
- BAKER, R. J. 1994. Some thoughts on conservation, biodiversity, museums, molecular characters, systematics, and basic research. *Journal of Mammalogy*, 75(2): 277-287.
- BARATAS, A. & GONZÁLEZ-BUENO, A. 2013. De gabinete a "sciencecentre": 500 años de coleccionismo de Historia Natural. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 2ª época, 11: 9-25.
- BARKWORTH, M. E. & JACOBS, S. W. L. 2001. Valuable research or short stories: what makes the difference? *Hereditas*, 135(2-3): 263-270. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1601-5223.2001.t01-1-00263.x>.
- BARREIRO, J., GONZÁLEZ, J. E. & REY FRAILE, I. 1994. Las colecciones de vertebrados: uso y gestión. Pp. 21-80, en Sanchiz, B. (Ed.) *Manual de catalogación y gestión de las colec -*

- ciones científicas de Historia Natural*. Manuales técnicos de museología, nº 1. Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). Madrid. 240 pp.
- BARREIRO, J. & PÉREZ DEL VAL, J. 1998. *Catálogo de las colecciones de aves del Museo Nacional de Ciencias Naturales: aves no passeriformes: pieles de estudio*. Manuales técnicos de museología, nº 7. Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). Madrid. 292 pp.
- BARROWCLOUGH, G. F. 1985. Museum collections and molecular systematics. Pp. 43-54, en: Miller, E. H. (Ed). *Museum collections: their roles and future in biological research*. Occasional Papers of the British Columbia Provincial Museum, 25. British Columbia Provincial Museum. Victoria, B.C.
- BAXTER, R. 1998. *Bestiaries and their Users in the Middle Ages*. Sutton. Phoenix Mill. 242 pp.
- BECERRA, J. M. 2003. What can bioinformatics do for Natural History museums? *Graellsia*, 59(1): 15-27. <http://dx.doi.org/10.3989/graellsia.2003.v59.i1.220>.
- BELAICHE, C., HOLT, A. & SAADA, A. 2009. Nonylphenol ethoxylate plastic additives inhibit mitochondrial respiratory chain complex I. *Clinical Chemistry*, 55(10): 1883-1884. <http://dx.doi.org/10.1373/clinchem.2009.130054>.
- BELLÉS, X. 2002. Edward Wotton (1492-1555), primer naturalista del Renacimiento. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 31: 8.
- BENDEZU, I. F., SLATER, J. W. & CARNEY, B. F. 2005. Identification of *Mytilus* spp. and *Pecten maximus* in Irish waters by standard PCR of the 18S rDNA gene and multiplex PCR of the 16S rDNA gene. *Marine Biotechnology*, 7(6): 687-696. <http://dx.doi.org/10.1007/s10126-004-0124-y>.
- BENIFLA, J. L., LETUR-KONIRSCH, H., COLLIN, G., DEVAUX, A., KUTTENN, F., MADELENAT, P., BRUNVEZINET, F. & FELDMANN, G. 2000. Safety of cryopreservation straws for human gametes or embryos: a preliminary study with human immunodeficiency virus-1. *Human Reproduction*, 15(10): 2186-2189.
- BENSON, D. A., KARSCH-MIZRACHI, I., CLARK, K., LIPMAN, D. J., OSTELL, J. & SAYERS, E. W. 2012. GenBank. *Nucleic Acids Research*, 40(D1): D48-D53. <http://dx.doi.org/10.1093/nar/gkr1202>.
- BHAKUNI, D. S. & RAWAT, D. S. 2005. *Bioactive marine natural products*. Springer & Anamaya. New Delhi. 382 pp.
- BI, K., LINDEROTH, T., VANDERPOOL, D., GOOD, J.M., NIELSEN, R. & MORITZ, C. 2013. Unlocking the vault: next generation museum population genomics. *Molecular Ecology*, 22(24): 6018-6032. <http://dx.doi.org/10.1111/mec.12516>.
- BIRUNGI, J., ROY, M. S. & ARCTANDER, P. 1998. DMSO-preserved samples as a source of mRNA for RT-PCR. *Molecular Ecology*, 7(10): 1429-1430. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-294X.1998.00460.x>.
- BLOM, P. 2013. *El coleccionista apasionado*. Anagrama. Barcelona. 376 pp.
- BOUCHET, P. 2008. Field work: The need to scale up and adjust to new constraints. P. 9, en: *Future Trends of Taxonomy*. European Distribution Institute of Taxonomy. Carvoeiro.
- BOUCHET, P., NG, P. K. L., LARGO, D. & TAN, S. H. 2009. PANGLAO 2004—investigations of the marine species richness in the Philippines. *Raffles Bulletin of Zoology*, Supplement 20: 1-19.
- BOYDEN, A. 1953. Zoological collecting expeditions and the salvage of animal bloods for comparative serology. *Science (Washington D.C.)*, 118(3054): 57-58. <http://dx.doi.org/10.1126/science.118.3054.57>.
- BOYLE, M. 1665. A way of preserving birds taken out of the egge, and other small faetus's. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1(12): 199-201. <http://dx.doi.org/10.1098/rstl.1665.0086>.
- BRAGADO, D., REY, I., VILLENA, M. & SORIANO, O. 2000. *Catálogo de las colecciones zoológicas de Asia del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Vol. II. Moluscos terrestres y dulceacuico -*

- las. Manuales técnicos de museología, nº 9. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid. 540 pp.
- BRUNDLANDT, G. 1987. *Our common future*. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press. Oxford. 416 pp.
- BUISSON, D. 1990. Les flûtes paléolithiques d'Isturitz (Pyrénées Atlantiques). *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 87: 420-433.
- BUSH, K. L., VINSKY, M. D., ALDRIDGE, C. L. & PASZKOWSKI, C. A. 2005. A comparison of sample types varying in invasiveness for use in DNA sex determination in an endangered population of greater Sage-Grouse (*Centrocercus urophasianus*). *Conservation Genetics*, 6(5): 867-870. <http://dx.doi.org/10.1007/s10592-005-9040-6>.
- CAGGANA, M., CONROY, J. M. & PASS, K. A. 1998. Rapid, efficient method for multiplex amplification from filter paper. *Human Mutation*, 11(5): 404-409. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-1004\(1998\)11:5<404::AID-HUMU8>3.0.CO;2-S](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-1004(1998)11:5<404::AID-HUMU8>3.0.CO;2-S).
- CALATAYUD, M. A. 1988. *Pedro Franco Dávila: primer director del Real Gabinete de Historia Natural fundado por Carlos III*. CSIC. Madrid. 250 pp.
- CALLAHAN, C. R., HENDERSON, A. P., EACKELES, M. S. & KING, T. L. 2005. Microsatellite DNA markers for the study of population structure and dynamics in nutria (*Myocastor coypus*). *Molecular Ecology Notes*, 5(1): 124-126. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1471-8286.2005.00861.x>.
- CALVO, M. 1994. *Manual de preparación y conservación de invertebrados no artrópodos*. Manuales técnicos de museología, nº 2. Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). Madrid. 140 pp.
- CAMACHO, A. I., DORDA, B. A. & REY, I. 2011. Identifying cryptic speciation across groundwater populations: first COI sequences of Bathynellidae (Crustacea, Syncarida). *Graellsia*, 67(1): 7-12. <http://dx.doi.org/10.3989/graellsia.2011.v67.031>.
- CAMACHO, A. I., DORDA, B. A. & REY, I. 2012. Undisclosed taxonomic diversity of Bathynellacea (Malacostraca: Syncarida) in the Iberian Peninsula revealed by molecular data. *Journal of Crustacean Biology*, 32(5): 816-826. <http://dx.doi.org/10.1163/193724012X638473>.
- CAMACHO, A. I., DORDA, B. A. & REY, I. 2013a. Old and new taxonomic tools: description of a new genus and two new species of Bathynellidae from Spain with morphological and molecular characters. *Journal of Natural History*, 47(21/22): 1393-1420. <http://dx.doi.org/10.1080/00222933.2013.768361>.
- CAMACHO, A. I., DORDA, B. A. & REY, I. 2013b. Integrated DNA and morphological taxonomy to describe a new species of the Family Bathynellidae (Crustacea, Syncarida) from Spain. *Graellsia*, 69(2):179-200. <http://dx.doi.org/10.3989/graellsia.2013.v69.086>.
- CAMACHO, A. I., DORDA, B. A. & REY, I. 2014. Iberian Peninsula and Balearic Island Bathynellacea (Crustacea, Syncarida) database. *ZooKeys*, 386: 1-20. <http://dx.doi.org/10.3897/zookeys.386.6296> — GBIF key: <http://gbifs.gbif.org/browse/agent?uuid=21934821-38c4-496f-a17b-e8dafd29eabf>.
- CAMACHO, A. I., REY, I., DORDA, B. A., MACHORDOM, A. & VALDECASAS, A. G. 2002. A note on the systematic position of the Bathynellacea (Crustacea, Malacostraca) using molecular evidence. *Contributions to Zoology*, 71(4):123-129.
- CÁMARA LÓPEZ, E. 2009. Formas de ingreso de los fondos museográficos. *Revista de Museología*, 45: 6-13.
- CAMPANELLA, J. J. & SMALLLEY, J. V. 2006. A minimally invasive method of piscine tissue collection and an analysis of long-term field-storage conditions for samples. *BMC Genetics*, 7(1): 32. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2156-7-32>.
- CANFIELD, M. R. 2011. *Field notes on science & nature*. Harvard University Press. Cambridge. xiii + 297 pp.

- CAPPITELLI, F. & SORLINI, C. 2005. From papyrus to compact disc: the microbial deterioration of documentary heritage. *Critical Reviews in Microbiology*, 31(1): 1-10.
<http://dx.doi.org/10.1080/10408410490884766>.
- CARVALHO, M. R. DE, BOCKMANN, F. A., AMORIM, D. S., BRANDÃO, C. R. F., VIVO, M. DE, FIGUEIREDO, J. L. DE., BRITSKI, H. A., DE PINNA, M. C. C., MENEZES, N. A., MARQUES, F. P. L., PAPAVERO, N., CANCELLO, E. M., CRISCI, J. V., MCEACHRAN, J. D., SCHELLY, R. C., LUNDBERG, J. G., GILL, A. C., BRITZ, R., WHEELER, Q. D., STIASSNY, M. L. J., PARENTI, L. R., PAGE, L. M., WHEELER, W. C., FAIVOVICH, J., VARI, R. P., GRANDE, L., HUMPHRIES, C. J., DESALLE, R., EBACH, M. C. & NELSON, G. J. 2007. Taxonomic impediment or impediment to taxonomy? A commentary on systematics and the cybertaxonomic-automation paradigm. *Evolutionary Biology*, 34(3-4): 140-143.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11692-007-9011-6>.
- CASTALANELLI, M. A., SEVERTSON, D. L., BRUMLEY, C. J., SZITO, A., FOOTIT, R. G., GRIMM, M. & GROTH, D. M. 2010. A rapid non-destructive DNA extraction method for insects and other arthropods. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 13(3): 243-248.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aspen.2010.04.003>.
- CBD. 1992. *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. United Nations Environment Programme. Rio de Janeiro. 30 pp.
- CBUC (CONSORCI DE BIBLIOTEQUES UNIVERSITÀRIES DE CATALUNYA). *Estàndards de digitalització. Elements mínims* [en línea]. Consorci de Biblioteques Universitàries de Catalunya (CBUC). <<http://www.cbuc.es/5digital/Public003.doc>> [Consulta: 5 agosto 2002].
- CCSDS (THE CONSULTATIVE COMMITTEE FOR SPACE DATA SYSTEMS). 2012. *Reference Model for an Open Archival Information System (OAIS)* [en línea]. Recommended Practice Issue 2, CCSDS 650.0-M-2. Magenta Book. <<http://public.ccsds.org/publications/MagentaBooks.aspx>> [Consulta: 2 abril 2014].
- CCSDS (THE CONSULTATIVE COMMITTEE FOR SPACE DATA SYSTEMS). 2004. *Producer-Archive Interface Methodology Abstract Standard* [en línea]. Issue 1, CCSDS 651.0-M-1. Magenta Book. <<http://public.ccsds.org/publications/MagentaBooks.aspx>> [Consulta: 2 abril 2014].
- CHÂLINE, N., RATNIEKS, F. L., RAINE, N. E., BADCOCK, N. S. & BURKE, T. 2004. Non lethal sampling of honey bee, *Apis mellifera*, DNA using wing tips. *Apidologie*, 35(3): 311-318.
<http://dx.doi.org/10.1051/apido:2004015>.
- CHAPUISAT, M. 1998. Mating frequency of ant queens with alternative dispersal strategies, as revealed by microsatellite analysis of sperm. *Molecular Ecology*, 7(9): 1097-1105.
<http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-294x.1998.00422.x>.
- CHASE, M. R., ETTER, R. J., REX, M. A. & QUATTRO, J. M. 1998. Extraction and amplification of mitochondrial DNA from formalin-fixed deep-sea mollusks. *Biotechniques*, 24(2): 243-244.
- CITES (CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE IN ENDANGERED SPECIES OF WILD FAUNA AND FLORA). 1973. *Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres* [en línea]. CITES. Washington. <<http://www.cites.org/esp/disc/text.php>> [Consulta: 16 mayo 2014].
- CITES. 2010. *Wildlife Trade Regulations in the European Union: An introduction to CITES and its implementation in the European Union*. Publications Office of the European Union. Luxembourg. 24 pp.
- CLARK, W. B. & McMUNN, M. T. (Eds.). 1989. *Beasts and birds of the middle ages: The bestiary and its legacy*. University of Pennsylvania Press. Philadelphia. 224 pp.
- CLAYDON, K. 2009. *Advances in crustacean cell culture*. PhD thesis. James Cook University.
- COLOTTE, M., COUDY, D., TUFFET, S. & BONNET, J. 2011. Adverse effect of air exposure on the stability of DNA stored at room temperature. *Biopreservation and Biobanking*, 9(1): 47-50
<http://dx.doi.org/10.1089/bio.2010.0028>.

- CONARD, N. J., MALINA, M. & MUNZEL, S. C. 2009. New flutes document the earliest musical tradition in southwestern Germany. *Nature (London)*, 460(7256): 737-740. <http://dx.doi.org/10.1038/nature08169>.
- COOK, D. R. 1974. Water mite Genera and Subgenera. *Memoirs of the American Entomological Institute*, 21: 1-860.
- COOPER, A. 1994. DNA from museum specimens. Pp. 149-165, en: Herrmann, B. & Hummel, S. (Eds.). *Ancient DNA: recovery and analysis of genetic material from paleontological, archaeological, museum, medical, and forensic specimens*. Springer. New York.
- CRABBE, M. J. C. 2003. A novel method for the transport and analysis of genetic material from polyps and zooxanthellae of scleractinian corals. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, 57(2): 171-176. [http://dx.doi.org/10.1016/S0165-022X\(03\)00051-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-022X(03)00051-4).
- CRESPO, C. 2009. *Conservación de tejidos y células de mamíferos amenazados para el establecimiento de un banco de recursos genéticos. Aplicación al lince ibérico*. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid.
- CRISAN, D., CADOFF, E. M., MATTSON, J. C. & HARTLE, K. A. 1990. Polymerase chain reaction: amplification of DNA from fixed tissue. *Clinical Biochemistry*, 23(6): 489-495. [http://dx.doi.org/10.1016/0009-9120\(90\)80037-J](http://dx.doi.org/10.1016/0009-9120(90)80037-J).
- DÁVALOS, L. M., SEARS, R. R., RAYGORODETSKY, G., SIMMONS, B. L., CROSS, H., GRANT, T., BARNES, T., PUTZEL, L. & PORZECANSKI, A. L. 2003. Regulating access to genetic resources under the Convention on Biological Diversity: an analysis of selected case studies. *Biodiversity & Conservation*, 12(7): 1511-1524. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1023615303748>.
- DAWSON, J. E. 1992. Solving museum insect problems: chemical control. *Canadian Conservation Institute Technical Bulletin*, 15: 1-26.
- DAWSON, M. N., RASKOFF, K. A. & JACOBS, D. K. 1998. Field preservation of marine invertebrate tissue for DNA analyses. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 7(2): 145-152.
- DAY, M. 2000. *Preservation of electronic information: a bibliography* [en línea]. Bath. UK Office for Library and Information Networking. <<http://homes.ukoln.ac.uk/~lismd/preservation.html>> [Consulta: 25 julio 2013].
- DE ANDRÉS COBETA, F. J. 2001. *Catálogo de las colecciones zoológicas de Guinea Ecuatorial del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Vol. I. Invertebrados no insectos*. Manuales técnicos de museología, nº 10. Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). Madrid. 160 pp.
- DEANESLY, R. 1954. Immature rat ovaries grafted after freezing and thawing. *Journal of Endocrinology*, 11: 197-NP. <http://dx.doi.org/10.1677/joe.0.0110197>.
- DEANESLY, R. 1957. Egg survival in immature rat ovaries grafted after freezing and thawing. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B - Biological Sciences*, 147(928): 412-421. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.1957.0060>.
- DELICADO, D., MACHORDOM, A. & RAMOS, M. A. 2013. Living on the mountains: Patterns and causes of diversification in the springsnail subgenus *Pseudamnicola* (*Corrosella*) (Mollusca: Caenogastropoda: Hydrobiidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 68(3): 387-397. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2013.04.022>.
- DESSAUER, H. C. 1970. Blood chemistry of reptiles: physiological and evolutionary aspects. In: *Biology of the Reptilia, vol. 3. Morphology C*. Academic Press. London & New York: 1-72.
- DESSAUER, H. C., COLE, C. J. & HAFNER, M. S. 1990. Collection and storage of tissues. Pp. 25-42, en: Hillis, D. M. & Moritz, C. P. (Eds.). *Molecular systematics*. Sinauer Associates Inc. Sunderland.
- DESSAUER, H. C. & HAFNER, M. S. 1984. *Collections of frozen tissues: value, management, field and laboratory procedures, and directory of existing collections*. Compiled and edited by

- Herbert C. for the Workshop on Frozen Tissue Collection Management (1983: Academy of Natural Sciences of Philadelphia). Association of Systematics Collections & Museum of Natural History, University of Kansas. Lawrence. 74 pp.
- DEZATEUX, C. 1998. Evaluating newborn screening programmes based on dried blood spots: future challenges. *British Medical Bulletin*, 54(4): 877-890. <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordjournals.bmb.a011735>.
- DIÉGUEZ, C. 1994. *Manual de colecta, preparación y conservación de macrofósiles para colecciones científicas*. Manuales técnicos de museología, nº 4. Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). Madrid. 132 pp.
- DOHERTY, S., GOSLING, E. & WAS, A. 2007. Bivalve ligament - a new source of DNA for historical studies. *Aquatic Biology*, 1(2): 161-165. <http://dx.doi.org/10.3354/ab00020>.
- DORDA DORDA, J., DE AMBROSIO BLÁZQUEZ, L., GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, J. E., ALONSO DOMÍNGUEZ, M. S., GARCÍA SÁNCHEZ, P. A., PÉREZ DEL VAL, J., BARREIRO, J., REY, I. & FERNÁNDEZ, J. 2001. *Catálogo de las colecciones zoológicas de Asia del Museo Nacional de Ciencias Naturales. III. Vertebrados*. Manuales técnicos de museología, nº 13. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid. 362 pp.
- DOVE, C. J., DAHLAN, N. F. & HEACKER, M. 2009. Forensic bird-strike identification techniques used in an accident investigation at Wiley Post Airport, Oklahoma, 2008 [en línea]. *Human-Wildlife Conflicts*, 3(2): 179-185. <<http://digitalcommons.unl.edu/hwi/7/>> [Consulta: 11 noviembre 2013].
- DOVE, C. J., DAHLAN, N. F., HEACKER, M. & WHATTON, J. F. 2010. Using Whatman FTA® cards to collect DNA for bird-strike identifications. *Human Wildlife Interactions Journal*, 5(2): 218-223.
- DOYLE, J. J. & DOYLE, J. L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin*, 19: 11-15.
- DPC (DIGITAL PRESERVATION COALITION). 2008. *Digital Preservation Handbook* [en línea]. York. <<http://www.dpconline.org/advice/preservationhandbook>> [Consulta: 2 abril 2014].
- DUARTE, C. M. 2006. *The Exploration of Marine Biodiversity: Scientific and Technological Challenges*. Fundación BBVA. Bilbao. 154 pp.
- DUCKWORTH, W. D., GENOWAYS, H. H. & ROSE, C. L. 1993. *Preserving natural science collections: chronicle of our environmental heritage*. National Institute for the Conservation of Cultural Property. Washington D.C. 140 pp.
- EINWÖGERER, T., FLADERER, F. A. & KÄFER, B. 1998. Eine jungpaläolithische Knochenflöte aus der Station Grubgraben bei Kammern, Niederösterreich. *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 28(1): 21-30.
- ERNSTER, L. & SCHATZ, G. 1981. Mitochondria: a historical review. *The Journal of Cell Biology*, 91(3): 227s-255s. <http://dx.doi.org/10.1083/jcb.91.3.227s>.
- EUROPEAN COMMISSION. 2006. *The Convention on Biological Diversity: Implementation in the European Union*. European Commission. Luxembourg.
- EVENHUIS, N. L. 2007. Helping solve the "other" taxonomic impediment: completing the eight steps to total enlightenment and taxonomic Nirvana. *Zootaxa*, 1407: 3-12.
- EYMAN, J., DEGREEF, J., HAEUSER, C. L., MONJE, J. C., SAMYN, Y. & VAN DEN SPIEGEL, D. 2010. Manual on field recording techniques and protocols for All Taxa Biodiversity Inventories (ATBIs). *Abc Taxa*, 1(8): i-iv, 1-330.
- FANG, S.-G., WAN, Q. H. & FUJIHARA, N. 2002. Formalin removal from archival tissue by critical point drying. *Biotechniques*, 33(3): 604-610.
- FEINSTEIN, J. 2004. DNA sequence from butterfly frass and exuviae. *Conservation Genetics*, 5(1): 103-104. <http://dx.doi.org/10.1023/B:COGE.0000014058.34840.94>.
- FENNELL, D. I. 1960. Conservation of fungous cultures. *The Botanical Review*, 26(1): 79-141.

- FERNÁNDEZ, M. A. 1988. *Historia de los museos de México*. 2ª ed. Promotora de Comercialización Directa. México D.F. 252 pp.
- FITZE, P. S., GONZÁLEZ-JIMENA, V., SAN-JOSÉ, L. M., SAN MAURO, D. & ZARDOYA, R. 2012. A new species of sand racer, *Psammodromus* (Squamata: Lacertidae), from the Western Iberian Peninsula. *Zootaxa*, 3205: 41-52.
- FITZGERALD, G. R. 1989. Form fitted pallets for the storage of large fossils. *The Geological Curator*, 5(2): 72-76.
- FLOSDORF, E. W. 1945a. Drying penicillin by sublimation in the United States and Canada. *The British Medical Journal*, 1(4389): 216-218.
- FLOSDORF, E. W. 1945b. Advances in drying by sublimation. Blood plasma, penicillin, foods. *Journal of Chemical Education*, 22(10): 470.
- FLOSDORF, E. W. & MUDD, S. 1938. An improved procedure and apparatus for preservation of sera, microorganisms and other substances — The Cryochem-Process. *The Journal of Immunology*, 34(6): 469-490.
- FLORIAN, M. L. 1997. *Heritage eaters: insects & fungi in heritage collections*. James & James. London. 164 pp.
- FORD, B. J. 1981. The van Leeuwenhoek Specimens. *Notes and Records of the Royal Society of London*, 36(1): 37-59. <http://dx.doi.org/10.1098/rsnr.1981.0003>.
- FOX, C. H., JOHNSON, F. B., WHITING, J. & ROLLER, P. P. 1985. Formaldehyde fixation. *The Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 33(8): 845-853. <http://dx.doi.org/10.1177/33.8.3894502>.
- FUKATSU, T. 1999. Acetone preservation: a practical technique for molecular analysis. *Molecular Ecology*, 8(11): 1935-1945. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-294x.1999.00795.x>.
- FULLER, B. J., LANE, N. & BENSON, E. 2004. *Life in the Frozen State*. CRC Press. Boca Raton & London. 672 pp.
- GAILLARD, C. & DARESSY, G. 1905. *Catalogue Générale des Antiquités Égyptiennes du Musée du Caire. Nos 29501-29733 et 29571-29834. La faune momifiée de l'antique Égypte*. Imprimerie de l'Institut français d'archéologie orientale. Le Caire. ii + 159 pp., lxvi pl.
- GALL, K., PAVELIĆ, J., JADRO-SANTEL, D., POLJAK, M. & PAVELIĆ, K. 1993. DNA amplification by polymerase chain reaction from brain tissues embedded in paraffin. *International Journal of Experimental Pathology*, 74(4): 333.
- GÁMEZ, R. 2003. *The link between biodiversity and sustainable development: Lessons from INBio's Bioprospecting Program in Costa Rica*. C. R. Instituto Nacional de Biodiversidad. Santo Domingo de Heredia. 15 pp.
- GARCÍA, P., BENAVENTE, F., MELO, A., ROA, I. & ROA, J. C. 2006. Efecto de la fijación en la calidad del ADN: estudio controlado con cinco fijadores. *Revista Española de Patología*, 39(3): 175-179.
- GARCÍA, R. 2003. *The Prestige: one year on, a continuing disaster*. WWF-Spain. 25 pp.
- GARCÍA MONTOTOYA, F. 2005. *Botanicorum Summa. Botánicos del siglo XVI, XVII y XVIII*. Almuzara. Córdoba. 368 pp.
- GARCÍA-LÓPEZ, P., GARCÍA-MARÍN, V. & FREIRE, M. 2010. The histological slides and drawings of Cajal. *Frontiers in Neuroanatomy*, 4: 9.
- GAUBERT, P., GODOY, J. A., PALOMARES, F. & DEL CERRO, I. 2009. Early phases of a successful invasion: mitochondrial phylogeography of the common genet (*Genetta genetta*) within the Mediterranean Basin. *Biological Invasions*, 11(3): 523-546. <http://dx.doi.org/10.1007/s10530-008-9268-4>.

- GEIST, J., WUNDERLICH, H. & KUEHN, R. 2008. Use of mollusc shells for DNA-based molecular analyses. *Journal of Molluscan Studies*, 74(4): 337-343.
<http://dx.doi.org/10.1093/mollus/eyn025>.
- GEMEINHOLZER, B., REY, I., WEISING, K., GRUNDMANN, M., MUELLNER, A. N., ZETZSCHE, H., DROEGE, G., SEBERG, O., PETERSEN, G., RAWSON, D. & WEIGT, L. 2010. Organizing specimen and tissue preservation in the field for subsequent molecular analyses. *Abc Taxa*, 8(1): 129-157.
- GILBERT, M. T. P., MOORE, W., MELCHIOR, L. & WOROBAY, M. 2007a. DNA extraction from dry museum beetles without conferring external morphological damage. *PLoS ONE*, 2(3): e272
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0000272>.
- GILBERT, M. T. P., TOMSHO, L. P., RENDULIC, S., PACKARD, M., DRAUTZ, D. I., SHER, A., TIKHONOV, A., DALEN, L., KUZNETSOVA, T., KOSINTSEV, P., CAMPOS, P. F., HIGHAM, T., COLLINS, M. J., WILSON, A. S., SHIDLOVSKIY, F., BUIGUES, B., ERICSON, P. G. P., GERMONPRE, M., GOTHERSTROM, A., IACUMIN, P., NIKOLAEV, V., NOWAK-KEMP, M., WILLERSLEV, E., KNIGHT, J. R., IRZYK, G. P., PERBOST, C. S., FREDRIKSON, K. M., HARKINS, T. T., SHERIDAN, S., MILLER, W. & SCHUSTER, S. C. 2007b. Whole-genome shotgun sequencing of mitochondria from ancient hair shafts. *Science (Washington D.C.)*, 317(5846): 1927-1930. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1146971>.
- GILBERT, W. & MAXAM, A. 1973. The nucleotide sequence of the lac operator. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 70(12): 3581-3584.
<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.70.12.3581>.
- GISLER, P. 2010. Instructions between the field and the lab: collecting blood for the 'Serological Museum' in the 1950s. *Museum and Society*, 8(2): 90-111.
- GOICOECHEA, N., PADIAL, J. M., CHAPARRO, J. C., CASTROVIEJO-FISHER, S. & DE LA RIVA, I. 2012. Molecular phylogenetics, species diversity, and biogeography of the Andean lizards of the genus *Proctoporus* (Squamata: Gymnophthalmidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 65(3): 953-964. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2012.08.017>.
- GOLD, K., LEÓN-LOBOS, P. & WAY, M. 2004. *Manual de recolección de semillas de plantas silvestres, para conservación a largo plazo y restauración ecológica*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi. La Serena. 62 pp.
- GONÇALVES, H., MARTÍNEZ-SOLANO, I., PEREIRA, R. J., CARVALHO, B., GARCÍA-PARÍS, M. & FERRAND, N. 2009. High levels of population subdivision in a morphologically conserved Mediterranean toad (*Alytes cisternasii*) result from recent, multiple refugia: evidence from mtDNA, microsatellites and nuclear genealogies. *Molecular Ecology*, 18(24): 5143-5160.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-294X.2009.04426.x>.
- GONZÁLEZ, J. & WILLIS, M. S. 2009. Robert Guthrie, MD, PhD. Clinical Chemistry/Microbiology. *LabMedicine*, 40(12): 748-749.
- GONZÁLEZ, Z., RAY, D. A., McALILEY, L. R., GRAY, M. J., PERCHELLET, C., SMITH, L. M. & DENSMORE, L. D. 2004. Five polymorphic microsatellite markers for the Great Plains toad, *Bufo cognatus*. *Molecular Ecology Notes*, 4(1): 9-10. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1471-8286.2003.00546.x>.
- GOODMAN, M., MOORE, G. W. & MATSUDA, G. 1975. Darwinian evolution in the genealogy of haemoglobin. *Nature (London)*, 253(5493): 603-608. <http://dx.doi.org/10.1038/253603a0>.
- GOROKHOVA, E. 2005. Effects of preservation and storage of microcrustaceans in RNAlater on RNA and DNA degradation. *Limnology and Oceanography: Methods*, 3: 143-148.
<http://dx.doi.org/10.4319/lom.2005.3.143>.
- GUILD, S. & MACDONALD, M. 2004. Mould prevention and collection recovery: guidelines for heritage collections. *Canadian Conservation Institute Technical Bulletin*, 26: 1-34.
- GUTIÉRREZ-CORCHERO, F., ARRUGA, M. V., SANZ, L., GARCÍA, C., HERNÁNDEZ, M. A. & CAMPOS, F. 2002. Using FTA cards to store avian blood samples for genetic studies. Their application in sex determination. *Molecular Ecology Notes*, 2(1): 75-77.
<http://dx.doi.org/10.1046/j.1471-8278.2001.00110.x>.

- HAN, Y., QUAN, G. B., LIU, X. Z., MA, E. P., LIU, A., JIN, P. & CAO, W. 2005. Improved preservation of human red blood cells by lyophilization. *Cryobiology*, 51(2): 152-164. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cryobiol.2005.06.002>.
- HAN, Y.-C., YAN, P. Y., GEORGE, C. T. & JIAN-HUA, L., 2009. Trypsin and reduction method to prepare DNA from formalin-fixed paraffin-embedded samples for methylation analysis. *Histopathology*, 54(6): 773-775. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2559.2009.03286.x>.
- HAWKS, C. A. 1990. Recent advances in the conservation of natural science collections. Pp. 53-60, en: Herhold, E.M. (Ed.). *Natural History Collections: Their Management and Value*. Transvaal Museum Special Publication. Pretoria.
- HEDMARK, E., FLAGSTAD, Ø., SEGERSTRÖM, P., PERSSON, J., LANDA, A. & ELLEGREN, H. 2004. DNA-based individual and sex identification from wolverine (*Gulo gulo*) faeces and urine. *Conservation Genetics*, 5(3): 405-410. <http://dx.doi.org/10.1023/B:COGE.0000031224.88778.f5>.
- HERMAN, S. G. 1986. *The naturalist's field journal: a manual of instruction based on a system established by Joseph Grinnell*. Buteo Books. Vermillion. 200 pp.
- HEWITT, R. & WATSON, P. 2012. *The Definition of Biobank*. Joint Congress of ESBB & Spanish National Biobank Network [en línea]. Granada, Spain. 7-9 November. <<http://www.esbb.org/granada>> [Consulta: 19 junio 2013].
- HIGUCHI, R., BOWMAN, B., FREIBERGER, M., RYDER, O. A. & WILSON, A. C. 1984. DNA sequences from the quagga, an extinct member of the horse family. *Nature (London)*, 312(5991): 282-284. <http://dx.doi.org/10.1038/312282a0>.
- HILLIS, D. M. & MORITZ, C. 1990. *Molecular Systematics*. Sinauer Associates. Sunderland. xvi + 588 pp.
- HOAGLAND, H. & PINCUS, G. 1942. Revival of mammalian sperm after immersion in liquid nitrogen. *The Journal of General Physiology*, 25(3): 337-344. <http://dx.doi.org/10.1085/jgp.25.3.337>.
- HODDER, I. 2012. *Entangled: An Archaeology of the Relationships Between Humans and Things*. John Wiley & Sons. Chichester. 264 pp.
- HÖSS, M. & PÄÄBO, S. 1993. DNA extraction from Pleistocene bones by a silica-based purification method. *Nucleic Acids Research*, 21(16): 3913-3914. <http://dx.doi.org/10.1093/nar/21.16.3913>.
- HOWARD, R. & MOORE, A. 1994. *A complete Checklist of the Birds of the World*. 2nd ed. Academic Press. London. 630 pp.
- HUBEL, A., AKSAN, A., SKUBITZ, A. P. N., WENDT, C. & ZHONG, X. 2011. State of the Art in Preservation of fluid biospecimens. *Biopreservation and Biobanking*, 9(3): 237-244. <http://dx.doi.org/10.1089/bio.2010.0034>.
- HUCKENBECK, W. & BONTE, W. 1992. DNA fingerprinting of freeze-dried tissues. *International Journal of Legal Medicine*, 105(1): 39-41. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01371236>.
- HUMASON, G. L. 1962. *Animal tissue techniques*. W. H. Freeman. San Francisco. xv + 468 pp.
- HUMASON, G. L. 1967. *Animal tissue techniques*. 2nd edition. W. H. Freeman. San Francisco. 468 pp.
- HUXLEY, R. 2007a. *Los grandes naturalistas*. Ariel. Barcelona. 192 pp.
- HUXLEY, R. 2007b. John Ray. El Aristóteles inglés (1627-1705). Pp. 92-97, en: Huxley, R. *Los grandes naturalistas*. Ariel. Barcelona.
- ICOM (INTERNATIONAL COUNCIL OF MUSEUMS). 1986. *Código de deontología del ICOM para los museos*. Aprobado por unanimidad en la 15^a Asamblea General del ICOM, Buenos Aires, noviembre 1986.
- ICOM (INTERNATIONAL COUNCIL OF MUSEUMS). 2006. *Código de deontología del ICOM para los museos* [en línea]. ICOM. <<http://archives.icom.museum/codigo.html>> [Consulta: 5 mayo 2013].

- ICOM (INTERNATIONAL COUNCIL OF MUSEUMS). 2013a. *Código de deontología del ICOM para los museos* [en línea]. <http://icom.museum/fileadmin/user_upload/pdf/Codes/code_ethics2013_es.pdf> [5 mayo 2013].
- ICOM (INTERNATIONAL COUNCIL OF MUSEUMS). 2013b. *The ICOM Code of Ethics for Natural History Museums* [en línea]. ICOM. <<http://icom.museum/news/news/article/icom-publishes-its-code-of-ethics-for-natural-history-museums/>> [5 mayo 2013].
- IKRAM, S. M.. 2005. *Divine creatures: animal mummies in ancient Egypt* [en línea]. American University in Cairo Press. Cairo & New York. 257 pp. <<http://books.google.com/books?id=zz5oNwmdaTcC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>> [Consulta: 3 marzo 2013].
- IKRAM, S. M. & ISKANDER, N. 2002. *Catalogue Général of the Egyptian Antiquities in the Cairo Museum: Non-Human Mummies*. Supreme Council of Antiquities Press. Cairo. 100 pp.
- ISBER (INTERNATIONAL SOCIETY FOR BIOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL REPOSITORIES). 2005. Best practices for repositories I: Collection, storage, and retrieval of human biological materials for research. *Cell Preservation Technology*, 3(1): 5-48.
- ISBER (INTERNATIONAL SOCIETY FOR BIOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL REPOSITORIES). 2007. Best practices for repositories. Collection, storage, retrieval and distribution of biological materials for research. *Cell Preservation Technology*, 6(1): 5-58.
- ISBER (INTERNATIONAL SOCIETY FOR BIOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL REPOSITORIES). 2008. Best Practices for Repositories. Collection, Storage, Retrieval and Distribution of Biological Materials for Research. Second edition. *Cell Preservation Technology*, 6(1): 1-58.
- ISBER (INTERNATIONAL SOCIETY FOR BIOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL REPOSITORIES). 2012. Best practices for repositories. Collection, storage, and retrieval, and distribution of biological materials for research International. *Biopreservation and Biobanking*, 10(2): 79-161. <http://dx.doi.org/10.1089/bio.2012.1022>.
- IUDICA, C. A., WHITTEN, W. M. & WILLIAMS, N. H. 2001. Small bones from dried mammal museum specimens as a reliable source of DNA. *Biotechniques*, 30(4): 732-736.
- JANEÁKA, J. E., TEWES, M. E., LAACK, L. L., GRASSMAN JR, L. I., HAINES, A. M. & HONEYCUTT, R. L. 2008. Small effective population sizes of two remnant ocelot populations (*Leopardus pardalis albescens*) in the United States. *Conservation Genetics*, 9(4): 869-878. <http://dx.doi.org/10.1007/s10592-007-9412-1>.
- JIAO, L., YIN, Y., XIAO, F., SUN, Q., SONG, K. & JIANG, X. 2012. Comparative analysis of two DNA extraction protocols from fresh and dried wood of *Cunninghamia lanceolata* (Taxodiaceae). *IAWA Journal-International Association of Wood Anatomists*, 33(4): 441. <http://dx.doi.org/10.1163/22941932-90000106>.
- JÖNSSON, K. I., RABOW, E., SCHILL, R. O., HARMS-RINGDAHL, M. & RETTBERG, P. 2008. Tardigrades survive exposure to space in low Earth orbit. *Current Biology*, 18(17): R729-R731. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2008.06.048>.
- KAGEYAMA, M., MONK, R. R., BRADLEY, R. D. EDSON, G. F. & BAKER, R. J. 2006. The changing significance and definition of the biological voucher. Pp. 259-266, en: Williams, S. & Hawks, C. (Eds.). *Museum Studies: Perspectives and Innovations*. Society for the Preservation of Natural History Collections. Washington, DC.
- KALABUKHOV, N. I. 1978. Sampling and preservation of samples of mammalian fatty tissue for ecological and physiological studies. *Soviet Journal of Ecology*, 9(4): 340-343.
- KANESHIGE, T., TAKAGI, K., NAKAMURA, S., HIRASAWA, T., SADA, M. & UCHIDA, K. 1992. Genetic analysis using fingernail DNA. *Nucleic Acids Research*, 20(20): 5489. <http://dx.doi.org/10.1093/nar/20.20.5489>.
- KANG, H. W., CHO, Y. G., YOON, U. H. & EUN, M. Y. 1998. A rapid DNA extraction method for RFLP and PCR analysis from a single dry seed. *Plant Molecular Biology Reporter*, 16(1): 90.

- KAROW, A. M. 1969. Cryoprotectants — A new class of drugs. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 21(4): 209-223. <http://dx.doi.org/10.1111/j.2042-7158.1969.tb08235.x>.
- KARP, G. 2009. *Cell and Molecular Biology: Concepts and Experiments*. Sixth edition. John Wiley & Sons. 837 pp.
- KEEL, W. G., MOSER, W., GIACCAI, J., ORMOS, A., TANNER, J. & WEIGT, L..A. 2011. Alcohol recycling at the Smithsonian Institution, National. Museum of Natural History (NMNH). *Collection Forum*, 25(1):10-21.
- KHANUJA, S. S., SHASANY, A., DAROKAR, M. P. & KUMAR, S. 1999. Rapid isolation of DNA from dry and fresh samples of plants producing large amounts of secondary metabolites and essential oils. *Plant Molecular Biology Reporter*, 17(1): 74. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1007528101452>.
- KING, J. R. 1961. The freeze-drying of pollens. *Economic Botany*, 15(1): 91-98. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02906765>.
- KNEBELSBERGER, T. & STÖGER, I. 2012. DNA extraction, preservation, and amplification. *Methods in Molecular Biology*, 858: 311-338. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-61779-591-6_14.
- KNOWLTON, N. 1986. Cryptic and sibling species among the decapod Crustacea. *Journal of Crustacean Biology*, 6(3): 356-363. <http://dx.doi.org/10.2307/1548175>.
- KNOWLTON, N. 1993. Sibling species in the sea. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24(1): 189-216. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.24.110193.001201>.
- KUSAKABE, H., SZCZYGIEL, M. A., WHITTINGHAM, D. G. & YANAGIMACHI, R. 2001. Maintenance of genetic integrity in frozen and freeze-dried mouse spermatozoa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(24): 13501-13506. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.241517598>.
- KUSUKAWA, S. 2007. Conrad Gessner, el nacimiento de la zoología moderna (1516-1565). Pp. 71-73, en: Huxley, R. *Los grandes naturalistas*. Ariel. Barcelona.
- LA SALLE, J., WHEELER, Q., JACKWAY, P., WINTERTON, S., HOBERN, D. & LOVELL, D. 2009. Accelerating taxonomic discovery through automated character extraction. *Zootaxa*, 2217: 43-55.
- LAGO CANDEIRA, A. 2011. El protocolo de Nagoya [en línea]. *Revista Ambient@* 94. <<http://www.revistaambienta.es/WebAmbienta/marm/Dinamicas/secciones/articulos/Lago.htm>> [Consulta: 3 mayo 2013].
- LEE, W. L., BELL, B. M. & SUTTON, J. F. (Eds.). 1982. *Guidelines for acquisition and management of biological specimens: a report of the participants of a Conference on Voucher Specimen Management*. Conference on Voucher Specimen Management (University of Maryland, 1981). Association of Systematics Collections & Council on Curatorial Methods. Lawrence. vii + 42 pp.
- LEHN, C., DAS, I., FORSTNER, M. R. J. & BROWN, R. M., 2007. Responsible vouchering in turtle research: An introduction and recommendations. *Chelonian Research Monographs*, 4: 147-156.
- LEWIS, J. G., LEARMONTH, R. P. & WATSON, K. 1994. Cryoprotection of yeast by alcohols during rapid freezing. *Cryobiology*, 31(2): 193-198. <http://dx.doi.org/10.1006/cryo.1994.1023>.
- LEWIS, L. K., ROBSON, M. H., VECHERKINA, Y., JI, C. & BEALL, G. W. 2010. Interference with spectrophotometric analysis of nucleic acids and proteins by leaching of chemicals from plastic tubes. *BioTechniques*, 48(4): 297-302. <http://dx.doi.org/10.2144/000113387>.
- LINCOLN, R. J. & SHEALS, J. G. 1979. *Invertebrate animals: collection and preservation*. British Museum (Natural History), London & Cambridge University Press, Cambridge. viii + 150 pp.
- LIU, J. L., KUSAKABE, H., CHANG, C. C., SUZUKI, H., SCHMIDT, D. W., JULIAN, M., PFEFFER, R., BORMANN, C. L., TIAN, X. C., YANAGIMACHI, R. & YANG, X. 2004. Freeze-dried sperm fertiliza-

- tion leads to full-term development in rabbits. *Biology of Reproduction*, 70(6): 1776-1781. <http://dx.doi.org/10.1095/biolreprod.103.025957>.
- LLAGOSTERA, E. 1977. Aplicación de la Radiología al estudio de momias egipcias. *COL-PA*, 32: 3-5.
- LLAGOSTERA, E. 2004. La seda china y la Ruta de la Seda. *Boletín de la Asociación Española de Orientalistas*, 40: 243-265.
- LLAGOSTERA, E. & LIZARA, J. 1982. Estudio radiológico de dos momias de peces egipcios. *Boletín de la Asociación Española de Orientalistas*, 18(1): 139-145.
- LONGMIRE, J. L., MALTBIE, M. & BAKER, R. J. 1997. Use of "Lysis Buffer" in DNA isolation and its implication for museum collections. *Occasional papers, Texas Tech University. Museum*, 163: 1-3.
- LÓPEZ, J. V., KERSANACH, R., REHNER, S. A. & KNOWLTON, N. 1999. Molecular determination of species boundaries in corals: genetic analysis of the *Montastraea annularis* complex using amplified fragment length polymorphisms and a microsatellite marker. *The Biological Bulletin*, 196(1): 80-93. <http://dx.doi.org/10.2307/1543170>.
- LÓPEZ LUJÁN, L. 2012. Un portal al inframundo. Ofrendas de animales sepultadas al pie del Templo Mayor de Tenochtitlan. *Estudios de Cultura Náhuatl*, 44: 9-40.
- LOREA, F. & RIBA, R. 1990. *Guía para la recolección y preparación de ejemplares para herbario de pteridofitas*. Consejo Nacional de la Flora de México, AC. México D. F. 12 pp.
- LOURENÇO, M. C. 2003. Contributions to the history of university museums and collections in Europe. *Museologia*, 3: 17-26.
- LUCENTINI, L., PALOMBA, A., LANCIONI, H., NATALI, M. & FAUSTO, P. 2006. A nondestructive, rapid, reliable and inexpensive method to sample, store and extract high-quality DNA from fish body mucus and buccal cells. *Molecular Ecology Notes*, 6(1): 257-260. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1471-8286.2005.01142.x>.
- MACPHERSON, E. & MACHORDOM, A. 2005. Use of morphological and molecular data to identify three new sibling species of the genus *Munida* Leach, 1820 (Crustacea, Decapoda, Galatheididae) from New Caledonia. *Journal of Natural History*, 39(11): 819-834. <http://dx.doi.org/10.1080/00222930400002473>.
- MADROÑO, A., GONZÁLEZ, C. & ATIENZA, J. C. (Eds.). 2004. *Libro Rojo de las Aves de España*. Dirección General para la Biodiversidad-SEO. Madrid. 452 pp.
- MAFFEI, G. 1852. *Storia della Letteratura italiana. Dall'origine della lingua sino a' nostri giorni*. vol. I. Mazzajoli. Livorno. 322 pp.
- MAKOWSKI, G. S., DAVIS, E. L., ASLANZADEH, J. & HOPFER, S. M. 1995. Enhanced direct amplification of Guthrie card DNA following selective elution of PCR inhibitors. *Nucleic Acids Research*, 23(18): 3788-3789. <http://dx.doi.org/10.1093/nar/23.18.3788>.
- MAKOWSKI, G. S., DAVIS, E. L. & HOPFER, S. M. 1996. The effect of storage on Guthrie cards: implications for deoxyribonucleic acid amplification. *Annals of Clinical & Laboratory Science*, 26(5): 458-469.
- MAKOWSKI, G. S., DAVIS, E. L. & HOPFER, S. M., 1997. Amplification of Guthrie card DNA: Effect of guanidine thiocyanate on binding of natural whole blood PCR inhibitors. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 11(2): 87-93. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2825\(1997\)11:2%3C87::AID-JCLA4%3E3.0.CO;2-H](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-2825(1997)11:2%3C87::AID-JCLA4%3E3.0.CO;2-H).
- MALDONADO, K. M. 1941. El primer Museo de Historia Natural en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 2(2-3): 211-219.
- MALHERBE, G. P., MAUDE, G. & BASTOS, A. D. S. 2009. Genetic clues from olfactory cues: brown hyaena scent marks provide a non-invasive source of DNA for genetic profiling. *Conservation Genetics*, 10(3): 759-762. <http://dx.doi.org/10.1007/s10592-008-9656-4>.

- MALIK MANAGEMENT. 2005. *Beyond conventional management. Organizational transformation experts* [en línea]. <http://www.xing.com/img/custom/cp/gallery_items/documents/7/b/5/34741/original/malik-beyond-conventional-management-portrait-en.pdf?1367594090> [Consulta: 14 agosto 2013]
- MAO, S.-H. & DESSAUER, H. C. 1971. Selectively neutral mutations, transferrins and the evolution of natricine snakes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 40(3): 669-680. [http://dx.doi.org/10.1016/0300-9629\(71\)90252-0](http://dx.doi.org/10.1016/0300-9629(71)90252-0).
- MARES, M. A. 1993. Natural history museums: bridging the past and the future. Pp. 367-404, en: Rose, C. L., Williams, S. L. & Gisbert, J. (Eds.). *Current Issues, Initiatives, and Future Directions for the Preservation and Conservation of Natural History Collections. Vol. III*. Consejería de Educación y Cultura, Comunidad de Madrid. Madrid.
- MARTÍN ALBALADEJO, C. 1994. *Bibliografía entomológica de autores españoles (1758-1990)*. Documentos Fauna Ibérica, nº. 1. Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC. Madrid. 822 + [2] pp.
- MARTÍN ALBALADEJO, C. 2000. *Tendencias de la taxonomía entomológica española*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. [Publicada como recurso electrónico en 2003, <<http://eprints.ucm.es/tesis/19972000/X/3/X3059701.pdf>>].
- MARTÍN DEL CAMPO, R. 1943. El más antiguo parque zoológico de América. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 12: 635-643.
- MARTÍN DEL CAMPO, R. 1986. El Parque Zoológico de Moctezuma en Tenochtitlán. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 38: 35-46.
- MARTÍN MATEO, M. P. 1994. *Manual de recolección y preparación de ectoparásitos (malófagos, anopluros, sifonápteros y ácaros)*. Manuales técnicos de museología, nº 3. Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). Madrid. 80 pp.
- MARTÍNEZ DE ALEGRÍA BILBAO, F. 2002. *Plumaria amazonica*. Ministerio de Educacion, Cultura y Deporte. Madrid. 141 pp.
- MARTÍNEZ-SOLANO, I., REY, I. & GARCÍA-PARÍS, M. 2005. The impact of historical and recent factors on genetic variability in a mountain frog: the case of *Rana iberica* (Anura: Ranidae). *Animal Conservation*, 8(4): 431-441. <http://dx.doi.org/10.1017/S136794300500243X>.
- MAURER, R. R. 1978. Freezing mammalian embryos: A review of the techniques. *Theriogenology*, 9(1): 45-68. [http://dx.doi.org/10.1016/0093-691X\(78\)90051-1](http://dx.doi.org/10.1016/0093-691X(78)90051-1).
- MAXAM, A. M. & GILBERT, W. 1977. A new method for sequencing DNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 74(2): 560-564. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.74.2.560>.
- MAYR, E. 1942. *Systematics and the Origin of Species: from the viewpoint of a Zoologist*. Harvard University Press. New York. xiv + 334 pp.
- MAYR, E. 1970. *Populations, Species, and Evolution: An abridgment of Animal Species and Evolution*. Belknap Press of Harvard University Press. Cambridge. xv + 453 pp.
- MCDONALD, G. R., HUDSON, A. L., DUNN, S. J., YOU, H., BAKER, G. B., WHITTAL, R. M., MARTIN, J. W., JHA, A., EDMOSON, D. E. & HOLT, A. 2008. Bioactive contaminants leach from disposable laboratory plasticware. *Science (Washington D.C.)*, 322(5903): 917-917. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1162395>.
- MCDONALD, G. R., KOZUSKA, J. L. & HOLT, A. 2009. Bioactive Leachates from Lab Plastics: Use of Plastic Disposables May Compromise Bioassay Results. *GIT Laboratory Journal Europe*, 13(9-10): 24-26.
- MC EWEN, J. E. & REILLY, P. R. 1994. Stored Guthrie cards as DNA "banks". *American Journal of Human Genetics*, 55(1): 196-200.

- MIETHING, F., HERING, S., HANSCHKE, B. & DRESSLER, J. 2006. Effect of fixation to the degradation of nuclear and mitochondrial DNA in different tissues. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*, 54(3): 371-374. <http://dx.doi.org/10.1369/jhc.5B6726.2005>.
- MILLER, H. C. & LAMBERT, D. M. 2003. An evaluation of methods of blood preservation for RT-PCR from endangered species. *Conservation Genetics*, 4(5): 651-654. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1025675901387>.
- MILLER, S.E. 2007. DNA barcoding and the renaissance of taxonomy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(12): 4775-4776. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0700466104>.
- MILLER, W., DRAUTZ, D. I., JANECKA, J. E., LESK, A. M., RATAN, A., TOMSHO, L. P., PACKARD, M., ZHANG, Y., MCCLELLAN, L. R., QI, J., ZHAO, F., GILBERT, M. T., DALÉN, L., ARSUAGA, J. L., ERICSON, P. G. P., HUSON, D. H., HELGEN, K. M., MURPHY, W. J., GÖTHERSTRÖM, A. & SCHUSTER, S. C. 2009. The mitochondrial genome sequence of the Tasmanian tiger (*Thylacinus cynocephalus*). *Genome Research*, 19(2): 213-220. <http://dx.doi.org/10.1101/gr.082628.108>.
- MOORE, B. P. & WILLIAMS, S. L. 1995. Storage equipment. Pp. 255-267 en: Rose, C. L., Hawks, C. A., Genoways, H. H. & de Torres, A. R. (Eds.). *Storage of natural history collection. Volumen I. A preventive conservation approach*. Society for the Preservation of Natural History Collections. Pittsburgh.
- MORENTE, M. M., CERECEDA, L., LUNA-CRESPO, F. & ARTIGA, M. J. 2011. Managing a Biobank Network. *Biopreservation and Biobanking*, 9(2): 187-190. <http://dx.doi.org/10.1089/bio.2011.0005>.
- MORGAN, L. W. & MCGOVERN-HOFFMAN, S. 2008. Noninvasive radiographic analysis of an Egyptian falcon mummy from the late period 664-332 BC. *Journal of Avian Biology*, 39(5): 584-587. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0908-8857.2008.04269.x>.
- NAGOYA, C. P. d. 2011. *Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al convenio sobre la Diversidad biológica*. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Montreal. 26 pp.
- NAGY, Z. T. 2010. A hands-on overview of tissue preservation methods for molecular genetic analyses. *Organisms Diversity & Evolution*, 10(1): 91-105. <http://dx.doi.org/10.1007/s13127-010-0012-4>.
- NATIONAL PARK SERVICE. 2005. Conserve Labelling Natural History Specimens. *Conserve O Gram*, 11(6): 1-4.
- NEVO, E. 1978. Genetic variation in natural populations: Patterns and theory. *Theoretical Population Biology*, 13(1): 121-177. [http://dx.doi.org/10.1016/0040-5809\(78\)90039-4](http://dx.doi.org/10.1016/0040-5809(78)90039-4).
- NIELSEN, E. E., HANSEN, M. M. & LOESCHCKE, V. 1997. Analysis of microsatellite DNA from old scale samples of Atlantic salmon *Salmo salar*: a comparison of genetic composition over 60 years. *Molecular Ecology*, 6(5): 487-492. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-294X.1997.00204.x>.
- NIELSEN, E. E., HANSEN, M. M. & LOESCHCKE, V. 1999. Analysis of applications DNA from old scale samples: technical aspects, and perspectives for conservation. *Hereditas*, 130(3): 265-276. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1601-5223.1999.00265.x>.
- NUTTALL, G. H. F. 1901a. A further note on the biological test for blood and its importance in Zoological Classification. *British Medical Journal*, 2(2124): 669-669. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.2.2124.669>.
- NUTTALL, G. H. F. 1901b. The new biological test for blood in relation to Zoological Classification. *Proceedings of the Royal Society of London*, 69(451-458): 150-153. <http://dx.doi.org/10.1098/rspl.1901.0093>.

- NUTTALL, G. H. F., GRAHAM-SMITH, G. S. & STRANGEWAYS, T. S. P. 1904. *Blood immunity and blood relationship; a demonstration of certain blood-relationships amongst animals by means of the precipitin test for blood*. University Press. Cambridge. 473 pp.
- OECD (ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT). 2007a. *Best Practice Guidelines for Biological Resources Centers* [en línea]. OECD. 115 pp. <<http://www.oecd.org/health/biotech/38777417.pdf>> [Consulta: 30 agosto 2013].
- OECD (ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT). 2007b. *OECD Best Practices Guidelines on Security for BRCs* [en línea]. OECD. 17 pp. <<http://www.oecd.org/health/biotech/38778261.pdf>> [Consulta: 30 agosto 2013].
- OECD (ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT). 2008. *OECD Global Science Forum Second Activity on Policy Issues Related to Scientific Research Collections*. Organization for the Economic Cooperation and Development. Washington D.C. 22 pp.
- Ogilvie, B. W. 2007. Leonard Fuchs, la importancia de las ilustraciones (1501-1566). Pp. 48-58., en: Huxley, R. *Los grandes naturalistas*. Ariel. Barcelona.
- OLMI, G. 2001. Museums on paper in Emilia-Romagna from the sixteenth to the nineteenth centuries: from Aldrovandi to Count Sanvitale. *Archives of Natural History*, 28(2): 157-178. <http://dx.doi.org/10.3366/anh.2001.28.2.157>.
- OSKAM, C. L., HAILE, J., MCLAY, E., RIGBY, P., ALLENTOF, M. E., OLSEN, M. E., BENGTSSON, C., MILLER, G. H., SCHWENNINGER, J.-L., JACOMB, C., WALTER, R., BAYNES, A., DORTCH, J., PARKER-PEARSON, M., GILBERT, M. T. P., HOLDAWAY, R. N., WILLERSLEV, E. & BUNCE, M. 2010. Fossil avian eggshell preserves ancient DNA. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1690): 1991-2000. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2009.2019>.
- PÄÄBO, S. 1989. Ancient DNA: extraction, characterization, molecular cloning, and enzymatic amplification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 86(6): 1939-1943. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.86.6.1939>.
- PÄÄBO, S., GIFFORD, J. A. & WILSON, A. C., 1988. Mitochondrial-DNA sequences from a 7000-year old brain. *Nucleic Acids Research*, 16(20): 9775-9787. <http://dx.doi.org/10.1093/nar/16.20.9775>.
- PADIAL, J. M., CASTROVIEJO-FISHER, S. & DE LA RIVA, I. 2009. The phylogenetic relationships of *Yunganastes* revisited (Anura: Terrarana). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 52(3): 911-915. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2009.05.006>.
- PALERO, F., HALL, S., CLARK, P. F., JOHNSTON, D., MACKENZIE-DODDS, J. & THATJE, S., 2010. DNA extraction from formalin-fixed tissue: new light from the deep sea. *Scientia Marina*, 74(3): 465-470. <http://dx.doi.org/10.3989/scimar.2010.74n3465>.
- PALMIROTTA, R., LUDOVICI, G., DE MARCHIS, M. L., SAVONAROLA, A., LEONE, B., SPILA, A., DE ANGELIS, F., DELLA MORTE, D., FERRONI, P. & GUADAGNI, F. 2011. Preanalytical procedures for DNA studies: The experience of the Interinstitutional Multidisciplinary BioBank (BioBIM). *Biopreservation and Biobanking*, 9(1): 35-45. <http://dx.doi.org/10.1089/bio.2010.0027>.
- PARKER, S. & CUBITT, W. 1999. The use of the dried blood spot sample in epidemiological studies. *Journal of Clinical Pathology*, 52(9): 633. <http://dx.doi.org/10.1136/jcp.52.9.633>.
- PEARCE, J. M., FIELDS, R. L. & SCRIBNER, K. T. 1997. Nest materials as a source of genetic data for avian ecological studies. *Journal of Field Ornithology*, 68(3): 471-481.
- PEGG, D. E. 2007. Principles of Cryopreservation. Pp. 39-57, en: Day, J. G. & Stacey, G. N. (Eds.). *Methods in Molecular Biology*, vol. 368: *Cryopreservation and Freeze-Drying Protocols, Second Edition*. Humana Press. Totowa.
- PEÑA, C. & MALM, T. 2012. VoSeq: A Voucher and DNA Sequence Web Application. *PLoS ONE*, 7(6): e39071. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0039071>.

- PÉREZ DEL VAL, J. 2001. *Catálogo de las colecciones zoológicas de Guinea Ecuatorial del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Vol. II. Vertebrados*. Manuales técnicos de museología, nº 11. Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). Madrid. 92 pp.
- PLEGUEZUELOS, J. M., MÁRQUEZ, R. & LIZANA, M. (Eds.). 2002. *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. 2ª impresión. Dirección General de Conservación de la Naturaleza - Asociación Herpetológica Española. Madrid. 587 pp.
- POINAR, H. N., SCHWARZ, C., QI, J., SHAPIRO, B., MACPHEE, R. D., BUIGUES, B., TIKHONOV, A., HUSON, D. H., TOMSHO, L. P., AUCH, A., RAMPP, M., MILLER, W. & SCHUSTER, S. C. 2006. Metagenomics to paleogenomics: large-scale sequencing of mammoth DNA. *Science (New York)*, 311(5759): 392-394. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1123360>.
- PONS, J. M., OLIOSSO, G., CRUAUD, C. & FUCHS, J. 2011. Phylogeography of the Eurasian green woodpecker (*Picus viridis*). *Journal of Biogeography*, 38(2): 311-325. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2010.02401.x>.
- POTTER, J. 2006. *Strange Blooms: The Curious Lives and Adventures of the John Tradescants*. Atlantic. London. 464 pp.
- PRENDINI, L., HANNER, R. & DESALLE, R. 2002. Obtaining, storing and archiving specimens and tissue samples for use in molecular studies. Pp. 176-248, en: De Salle, R., Giribet, G. & Wheeler, W. (Eds.). *Techniques in molecular systematics and evolution*. Birkhaeuser. Basel, Boston & Berlin.
- PULLANDRE, N., MEYER, C. P., BOUCHET, P. & OLIVERA, B. M. 2011. Genetic divergence and geographical variation in the deep-water *Conus orbignyi* complex (Mollusca: Conoidea). *Zoologica Scripta*, 40(4): 350-363. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1463-6409.2011.00478.x>.
- QUINTANA JIMÉNEZ, I. 2008. Los depósitos judiciales. Pp. 107-114, en: *La lucha contra el tráfico ilícito de Bienes Culturales*, Actas del Curso celebrado en Madrid 16 al 27 de octubre de 2006. Madrid, Ministerio de Cultura. 107-114
- RACHMAYANTI, Y., LEINEMANN, L., GAILING, O. & FINKELDEY, R. 2009. DNA from processed and unprocessed wood: factors influencing the isolation success. *Forensic Science International: Genetics*, 3(3): 185-192. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fsigen.2009.01.002>.
- RAJA, A., GAJALAKSHMI, P. & MOHAMED MAHROOP RAJA, M. 2010. Drugs from the natural bio sources for human disease. *International Journal of Pharmacology*, 6: 360-363. <http://dx.doi.org/10.3923/ijp.2010.360.363>.
- RAMÍREZ-PULIDO, J. & GONZÁLEZ-RUIZ, N. 2006 Las Colecciones de Mamíferos de México: Origen y Destino. Pp. 73-110, en: Lorenzo, C., Espinoza, E., Briones, M. & Cervantes, F. A. (Eds.). *Colecciones mastozoológicas de México*. Instituto de Biología, UNAM y Asociación Mexicana de Mastozología, A.C. México, D.F.
- RÉAUMUR, R.-A. F. DE & ZOLLMAN, P. H. 1748. Divers means for preserving from corruption dead birds, intended to be sent to remote countries, so that they may arrive there in a good condition. some of the same means may be employed for preserving quadrupeds, reptiles, fishes, and insects. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 45(485-490): 304-320.
- REGUEIRO, A. 1988. El descubrimiento de la Flora Americana. Pp. 27-38, en: *Historia Natural de Iberoamérica / Catálogo Exposición*. Instituto de Cooperación Iberoamericana y Comisión Nacional Quinto Centenario del Descubrimiento de América. Madrid.
- REILLY, J. M. & FREY, F. S. 1996. *Recommendations for the evaluation of digital images produced from photographic, micrographic, and various paper formats* [en línea]. Report to the Library of Congress. <<http://memory.loc.gov/ammem/lpireprt.pdf>> [Consulta: 6 agosto 2002].
- REMSEN, J. V., Jr. 1977. On taking field notes. *American Bird*, 31(5): 946-953.
- RENAULT, M. 1979. *The Nature of Alexander*. Pantheon Books. New York. 276 pp.
- RETANA GUIASCÓN, O. G. 2006. Raíces históricas de las colecciones zoológicas en México. Pp. 57-72, en: Lorenzo, C., Espinoza, E., Briones, M. & Cervantes, F. A. (Eds.). *Colecciones*

- mastozoológicas de México*. Instituto de Biología, UNAM y Asociación Mexicana de Mastozología, A.C. México, D.F.
- REY, I., DOADRIO, I., PALOMERO, G., TABERLET, P. & WAITS, L. 2000. Individualización, determinación del sexo y variabilidad genética del núcleo oriental del oso pardo de la Cordillera Cantábrica. Pp. 23-32, en: Layna, J. F., Heredia, B., Palomero, G. & Doadrio, I. (Eds.). *La conservación del oso pardo en Europa: un reto de cara al siglo XXI*. Fundación Biodiversidad. Madrid.
- REY, I. & DORDA, B. A. 2006. Catálogo de las muestras de fauna de la Comunidad de Madrid conservadas en la Colección de Tejidos y ADN del MNCN. *Graellsia*, 62(número extraordinario): 175-200. <http://dx.doi.org/10.3989/graeellsia.2006.v62.iExtra.120>.
- REY, I., DORDA, B. A. & VALDECASAS, A. G. 2004. Traditional water mite fixatives and their compatibility with later DNA studies. *Experimental and Applied Acarology*, 34(1-2): 59-65. <http://dx.doi.org/10.1023/B:APPA.0000044439.21180.ec>.
- RHEIMS, M. 1981. *Les Collectionneurs - De la curiosité, de la beauté, du goût, de la mode et de la spéculation*. Ramsay. Paris. 457 pp.
- RICE, T. 2010. *Voyages of discovery: a visual celebration of ten of the greatest natural history expeditions*. Natural History Museum. London. 336 pp.
- RICHERZHAGEN, C. & HOLM-MUELLER, K. 2005. The effectiveness of access and benefit sharing in Costa Rica: implications for national and international regimes. *Ecological Economics*, 53(4): 445-460. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.06.031>.
- RIESGO, A., PÉREZ-PORRO, A. R., CARMONA, S., LEYS, S. P. & GIRIBET, G. 2012. Optimization of preservation and storage time of sponge tissues to obtain quality mRNA for next-generation sequencing. *Molecular Ecology Resources*, 12(2): 312-322. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1755-998.2011.03097.x>.
- ROBINSON, W. H. 1975. Type Specimens vs. Voucher Specimens. *Systematic Zoology*, 24(1): 110-111. <http://dx.doi.org/10.2307/2412704>.
- RODRÍGUEZ, V., JANSSENS, F., DEBACKERE, K. & DE MOOR, B. 2007. Material transfer agreements and collaborative publication activity: the case of a biotechnology network. *Research Evaluation*, 16(2): 123-136. <http://dx.doi.org/10.3152/095820207X227510>.
- RODRÍGUEZ, V., JANSSENS, F., DEBACKERE, K. & DE MOOR, B. 2008. On material transfer agreements and visibility of researchers in biotechnology. *Journal of Informetrics*, 2(1): 89-100. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2007.10.003>.
- ROGERS, S. O. & BENDICH, A. J. 1985. Extraction of DNA from milligram amounts of fresh, herbarium and mummified plant tissues. *Plant Molecular Biology*, 5(2): 69-76. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00020088>.
- ROGERS, S. P., SCHMIDT, M. A. & GUTEBIER, T. 1989. *An Annotated Bibliography on Preparation, Taxidermy and Collection Management of Vertebrates with Emphasis on Birds*. Carnegie Museum of Natural History. Pittsburg. 189 pp.
- ROLDÁN, E. R. S., GOMENDIO, M., GARDE, J. J., GAÑÁN, N., GONZÁLEZ, R., CRESPO, C., ARREGUI, L. 2009. Un Banco de Recursos Genéticos y reproducción asistida para el críticamente amenazado lince ibérico. Pp. 307-316, en: Vargas, A. (Ed.). *Conservación ex situ del Lince Ibérico: Un enfoque multidisciplinar*. Fundación Biodiversidad en colaboración con: International Unión for Conservation of Nature, Species Survival Commission (IUCN/SSC) Cat Specialist Group. M-35518-2009.
- ROSE, C. L., HAWKS, C. A. & GENOWAYS, H. H. (Eds.). 1995. *Storage of natural history collections. A preventive conservation approach*. Society for the Preservation of Natural History Collections. Washington D.C. x + 448 pp.

- RUEDAS, L. A., SALAZAR-BRAVO, J., DRAGOO, J. W. & YATES, T. L. 2000. The importance of being Earnest: What, if anything, constitutes a "Specimen Examined"? *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 17(1): 129-132. <http://dx.doi.org/10.1006/mpev.2000.0737>.
- RUSSELLO, M. A., GLADYSHEV, E., MIQUELLE, D. & CACCONE, A. 2004. Potential genetic consequences of a recent bottleneck in the Amur tiger of. *Conservation Genetics*, 5(5): 707-713. <http://dx.doi.org/10.1007/s10592-004-1860-2>.
- RYAN, J. 2008. Understanding and managing cell culture contamination [en línea]. *Bioresearch Online Newsletter*, 13: 1-24. <http://wikisites.mcgill.ca/djgroup/images/9/9d/Contamination_%26_cell_line_mixed_up.pdf> [Consulta: 3 septiembre 2013].
- SACHON, E., MATHERON, L., CLODIC, G., BLASCO, T. & BOLBACH, G. 2010. MALDI TOF-TOF characterization of a light stabilizer polymer contaminant from polypropylene or polyethylene plastic test tubes. *Journal of Mass Spectrometry*, 45(1): 43-50. <http://dx.doi.org/10.1002/jms.1687>.
- SAINI, H. S., SHEPHERD, M. & HENRY, R. J. 1999. Microwave extraction of total genomic DNA from barley grains for use in PCR. *Journal of the Institute of Brewing*, 105(3): 185-190. <http://dx.doi.org/10.1002/j.2050-0416.1999.tb00018.x>.
- SALISBURY, J. E. 1993. *The Medieval world of nature: a book of essays*. Garland. New York. xvi + 265 pp.
- SAN MAURO, D., GARCÍA-PARIS, M. & ZARDOYA, R. 2004. Phylogenetic relationships of discoglossid frogs (Amphibia: Anura: Discoglossidae) based on complete mitochondrial genomes and nuclear genes. *Gene*, 343(2): 357-366. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gene.2004.10.001>.
- SANCAR, A., LINDSEY-BOLTZ, L. A., UNSAL-KACMAZ, K. & LINN, S. 2004. Molecular mechanisms of mammalian DNA repair and the DNA damage checkpoints. *Annual Review of Biochemistry*, 73: 39-85. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.biochem.73.011303.073723>.
- SANCHIZ, B. (Ed.). 1994. *Manual de catalogación y gestión de las colecciones científicas de Historia Natural*. Manuales técnicos de museología, nº1. Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). Madrid. 240 pp.
- SANGER, F. & COULSON, A. R. 1975. A rapid method for determining sequences in DNA by primed synthesis with DNA polymerase. *Journal of Molecular Biology*, 94(3): 441-446. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-2836\(75\)90213-2](http://dx.doi.org/10.1016/0022-2836(75)90213-2).
- SANGER, F., NICKLEN, S. & COULSON, A. R. 1977. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 74(12): 5463-5467. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.74.12.5463>.
- SANTOS MAZORRA, C. 1994. *Catálogo de los insectos recolectados por la comisión científica del Pacífico (1862-1865)*. Manuales técnicos de museología, nº 5. Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). Madrid. 196 pp.
- SANTOS MAZORRA, C. 2000. *Catálogo de las colecciones zoológicas de Asia del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Vol. I. Insectos*. Manuales técnicos de museología, nº 8. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Madrid. 344 pp.
- SANTOS MAZORRA, C. & IZQUIERDO MOYA, I. 1997. *Las colecciones zoológicas de la Comunidad de Madrid*. Manuales técnicos de museología, nº 6. Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). Madrid. 144 pp.
- SANTOS MAZORRA, C. & REY, I. En prensa. Criterios de valoración de ejemplares de las colecciones del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (MNCN-CSIC). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Aula. Museos y Colecciones)*.
- SAVIOZ, A., BLOUIN, J. L., GUIDI, S., ANTONARAKIS, S. E. & BOURAS, C. 1997. A method for the extraction of genomic DNA from human brain tissue fixed and stored in formalin for many years. *Acta Neuropathologica*, 93(4): 408-413. <http://dx.doi.org/10.1007/s004010050632>.

- SAVOLAINEN, V. & CHASE, M. W. 2006. What DNA can -and cannot- be used for. Pp. 2-5, en: Savolainen, V., Powell, M. P., Davis, K., Reeves, G. & Corthals, A. (Eds.). *DNA and tissue banking for biodiversity and conservation: theory, practice and uses*. Kew Publishing. Kew.
- SCIENCE AND TECHNOLOGY COMMITTEE. 2002. *What on Earth? The Threat to the Science Underpinning Conservation. 3rd Report of Session 2001-02*. Authority of The House of Lords. London. 48 pp.
- SCIENCE AND TECHNOLOGY COMMITTEE. 2008. *Systematics and Taxonomy: Follow-up. Report with evidence. 5th Report of Session 2007-08*. Authority of The House of Lords. London. 330 pp.
- SELANDER, R. K. 1970. Behavior and Genetic Variation in Natural Populations. *American Zoologist*, 10(1): 53-66. <http://dx.doi.org/10.1093/icb/10.1.53>.
- SEUTIN, G., WHITE, B. N. & BOAG, P. T. 1991. Preservation of avian blood and tissue samples for DNA analyses. *Canadian Journal of Zoology*, 69(1): 82-90. <http://dx.doi.org/10.1139/z91-013>.
- SHACKELL, L. M. 1909. An improved method of dessication with some application to biological problems. *American Journal of Physiology*, 24(3): 325-340.
- SHEDLOCK, A. M. , HAYGOOD, M. G. , PIETSCH, T. W. & BENTZEN, P. 1997. Enhanced DNA extraction and PCR amplification of mitochondrial genes from formalin-fixed museum specimens. *Biotechniques*, 22: 394-400.
- SHELDON, F. H. & DITTMANN, D. L. 1997. The value of vertebrate tissue collections in applied and basic science. Pp.: 151-164, en: Hoagland, K. E. & Rossman, A. Y. (Eds.). *Global Genetic Resources: Access, ownership, and intellectual property rights*. Association of Systematics Collections. Washington, DC.
- SHERWIN, W. B. 1991. Collecting mammalian tissue and data for genetic studies. *Mammal Review*, 21(1): 21-30. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2907.1991.tb00285.x>.
- SHI, S.-R., COTE, R. J., WU, L., LIU, C., DATAR, R., SHI, Y., LIU, D., LIM, H. & TAYLOR, C. R. 2004. DNA extraction from archival formalin-fixed, paraffin-embedded tissues: heat-induced retrieval in alkaline solution. *Histochemistry and Cell Biology*, 122(3): 211-218. <http://dx.doi.org/10.1007/s00418-004-0693-x>.
- SIBLEY, C. & AHLQUIST, J. 1982. The relationships of the Australo-Papuan Scrub-Robins *Drymodes* as indicated by DNA-DNA hybridization. *Emu*, 82(2): 101-105. <http://dx.doi.org/10.1071/MU9820101>.
- SIBLEY, C. & AHLQUIST, J. 1984. The phylogeny of the hominoid primates, as indicated by DNA-DNA hybridization. *Journal of Molecular Evolution*, 20(1): 2-15. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02101980>.
- SIBLEY, C. G., AHLQUIST, J. E. & MONROE, B. L. Jr. 1988. A classification of the living birds of the world based on DNA-DNA hybridization studies. *The Auk*, 105(3): 409-423.
- SIMMONS, J. E. 1991. Conservation problems of fluid-preserved collections. Pp.: 68-98, en: Cato, P. S. & Jones, C. *Natural history museums: directions for growth*. Texas Tech University Press. Lubbock: 68-98.
- SIMMONS, J. E. & MUÑOZ-SABA, Y. 2003. The theoretical bases of collections management. *Collection Forum*, 18(1-2): 38-49.
- SMITH, L. M. & BURGOYNE, L. A. 2004. Collecting, archiving and processing DNA from wildlife samples using FTA® databasing paper. *BMC Ecology*, 4: 4 (11 pp.). <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6785-4-4>.
- SÖDERLUND CONSULTING. 2000. *Be Preparaed - Guidelines for small museums for writing a disaster preparedness plan* [en línea]. A Heritage Collections Council Project. Undertaken by Söderlund Consulting Pty Ltd. Canberra. IV + 112 pp. <http://www.collectionsaustralia.net/sector_info_item/2> [Consulta: 11 noviembre 2013].

- SOULSBURY, C. D., IOSSA, G., EDWARDS, K. J., BAKER, P. J. & HARRIS, S. 2007. Allelic dropout from a high-quality DNA source. *Conservation Genetics*, 8(3): 733-738. <http://dx.doi.org/10.1007/s10592-006-9194-x>.
- SPOTORNO, A. E., VALLADARES, J. P., MARIN, J. C., PALMA, R. E. & ZULETA, R. C. 2004. Molecular divergence and phylogenetic relationships of chinchillids (Rodentia: Chinchillidae). *Journal of Mammalogy*, 85(3): 384-388. <http://dx.doi.org/10.1644/BRB-119>.
- STAMP, L. 1947. The preservation of bacteria by drying. *Journal of General Microbiology*, 1: 251-265.
- STEARNS, W. T. 1981. *Natural History Museum at South Kensington. A History of the Museum 1735-1980*. Natural History Museum. London. 440 pp.
- STEYSKAL, G. C. 1972. The meaning of the term 'Sibling Species'. *Systematic Zoology*, 21(4): 446. <http://dx.doi.org/10.2307/2412441>.
- STOREY, K. B. & STOREY, J. M. 2004. Physiology, biochemistry, and molecular biology of vertebrate freeze tolerance: the wood frog. Pp. 243-274, en: Benson, E. B., Fuller, B. J. & Lane, N. *Life in the Frozen State*. CRC Press. Boca Raton & London.
- STRASSER, B. J. 2010. Laboratories, museums, and the comparative perspective: Alan A. Boyden's quest for objectivity in serological taxonomy, 1924-1962. *Historical Studies in the Natural Sciences*, 40(2): 149-182. <http://dx.doi.org/10.1525/hsns.2010.40.2.149>.
- STRUGNELL, J., NORMAN, M. & COOPER, A. 2006. DNA from beach-washed shells of the Ram's Horn squid, *Spirula spirula*. *Bulletin of Marine Science*, 78(2): 389-391.
- SUÁREZ, A. V. & TSUTSUI, N. D. 2004. The Value of Museum Collections for Research and Society. *BioScience*, 54(1): 66-74. [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054%5B0066:TVOMCF%5D2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054%5B0066:TVOMCF%5D2.0.CO;2).
- SUKHWANI, A. 1995. *Patentes naturistas*. Oficina Española de Patentes y Marcas, Ministerio de Industria y Energía. Madrid. 285 pp.
- SUNDQVIST, A. K., ELLEGREN, H. & VILÀ, C. 2008. Wolf or dog? Genetic identification of predators from saliva collected around bite wounds on prey. *Conservation Genetics*, 9(5): 1275-1279. <http://dx.doi.org/10.1007/s10592-007-9454-4>.
- SUTTON, D. 2007a. Plinio el Viejo. Pp. 38-43, en: Huxley, R. *Los grandes naturalistas*. Ariel. Barcelona.
- SUTTON, D. 2007b. Pedanio Dioscórides. Pp. 33-37, en: Huxley, R. *Los grandes naturalistas*. Ariel. Barcelona.
- TABERLET, P. & BOUVET, J. 1991. A single plucked feather as a source of DNA for bird genetic studies. *The Auk*, 108(4): 959-960.
- TABERLET, P. & FUMAGALLI, L. 1996. Owl pellets as a source of DNA for genetic studies of small mammals. *Molecular Ecology*, 5(2): 301-305. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-294X.1996.00084.x>.
- TABERLET, P., GRIFFIN, S., GOOSSENS, B., QUESIAU, S., MANCEAU, V., ESCARAVAGE, N., WAITS, L. P. & BOUVET, J. 1996. Reliable genotyping of samples with very low DNA quantities using PCR. *Nucleic Acid Research*, 24(16): 3186-3194. <http://dx.doi.org/10.1093/nar/24.16.3189>.
- TAYLOR, F. H. 1948. *The Taste of Angels. A History of Art Collecting from Rameses to Napoleon* [en línea]. Little, Brown and Company. Boston. XXX + 661 pp. <<http://www.archive.org/details/tasteofangelsahi027920mbp>> [Consulta: 28 julio 2013].
- TELLERÍA, J. L. 1986. *Manual para el censo de los vertebrados terrestres*. Raíces. Madrid. 278 pp.
- TEN KATE, K. & LAIRD, S. A. 1999. *The commercial use of biodiversity: access to genetic resources and benefit sharing* [en línea]. Earthscan. 398 pp. <http://www.knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=2286&VerticalID=0> [Consulta: 28 julio 2013].

- THOMAS, R. H. 1994. Analysis of DNA from natural history museum collections. En: Schierwater, B., Streit, B., Wagner, G. P. & DeSalle, R. (Eds.). *Molecular Ecology and Evolution: Approaches and Applications. Experientia Supplementum (Basel)*, 69: 311-321. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-0348-7527-1_19.
- THOMASHOW, M. F. 1999. Plant cold acclimation: freezing tolerance genes and regulatory mechanisms. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50(1): 571-599. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.arplant.50.1.571>.
- TOKUDA, Y., NAKAMURA, T., SATONAKA, K., MAEDA, S., DOI, K., BABA, S. & SUGIYAMA, T. 1990. Fundamental study on the mechanism of DNA degradation in tissues fixed in formaldehyde. *Journal of Clinical Pathology*, 43(9): 748-751. <http://dx.doi.org/10.1136/jcp.43.9.748>.
- VALENTÍN, N. & GARCÍA, M. 2012. *Momias. Manual de buenas prácticas para su preservación*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Madrid. 237pp.
- VARELA TORRECILLA, C. 1993. *Catálogo de arte plumario amazónico del Museo de América*. Ministerio de Cultura. Madrid. 173 pp.
- VILLENA, M., ALMAZÁN, J. S., MUÑOZ, J. & YAGÜE, F., 2008. *El gabinete perdido. Pedro Franco Dávila y la Historia Natural del Siglo de las Luces: un recorrido por la ciencia de la Ilustración a través de las «Producciones Marinas» del Real Gabinete, 1745-1815*. Textos Universitarios, nº 43. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. 1.170 pp.
- WAGNER, D. 2004. Results of the Smokies 2004 Lepidoptera Blitz. *ATBI Quarterly*, 5(3): 6-7.
- WAGSTAFFE, R. & FIDLER, J. H. 1955. *The preservation of natural history specimens. Vol. 1. Invertebrates*. Witherby. London. 205 pp.
- WAGSTAFFE, R. & FIDLER, J. H. 1968. *The preservation of natural history specimens. Vol. 2. Vertebrates*. Witherby. London. 404 pp.
- WALSH, P. S., METZGER, D. A. & HIGUCHI, R. 1991. Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. *BioTechniques*, 10(4): 506-513. <http://dx.doi.org/10.2144/000114018>.
- WANDELER, P., HOECK, P. E. A. & KELLER, L. F. 2007. Back to the future: museum specimens in population genetics. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(12): 634-642. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2007.08.017>.
- WATSON, J. D. & BERRY, A. 2003. *ADN: el secreto de la vida*. Taurus. Barcelona. 474 pp.
- WATSON, P. H. & BARNES, R. O. 2011. A proposed schema for classifying human research biobanks. *Biopreservation and Biobanking*, 9(4): 327-333. <http://dx.doi.org/10.1089/bio.2011.0020>.
- WATTS, P. C., THOMPSON, D. J., DAGUET, C. & KEMP, S. J. 2005. Exuviae as a reliable source of DNA for population-genetic analysis of odonates. *Odonatologica*, 34(2): 183-187.
- WHEELER, Q. D., RAVEN, P. H. & WILSON, E. O. 2004. Taxonomy: impediment or expedient? *Science (Washington D.C.)*, 303(5656): 285. <http://dx.doi.org/10.1126/science.303.5656.285>.
- WHEELER, T. A. 2003. The role of voucher specimens in validating faunistic and ecological research. *Biological Survey of Canada*, 9: 1-21.
- WHITING, P. G. & ASSOCIATES. 1995. *The Social and Economic Value of Scientific Collections*. The Outspan Group Inc. Canada. 77 pp.
- WILLIAMS, S. L. & HAWKS, C. A. 1986. Inks for documentation in vertebrate research collections. *Curator: The Museum Journal*, 29(2): 93-108. <http://dx.doi.org/10.1111/j.2151-6952.1986.tb01432.x>.
- WILLIAMS, S. T. 2007. Safe and legal shipment of tissue samples: does it affect DNA quality? *Journal of Molluscan Studies*, 73(4): 416-418. <http://dx.doi.org/10.1093/mollus/eym039>.

- WILSON, D. E. & REEDER, D. M. (Eds). 1993. *Mammal Species of the World*. 2nd edition. Smithsonian Institution Press. Washington and London. 1206 pp.
- WIRGIN, I., MACEDA, L., STABILE, J. & MESING, C. 1997. An evaluation of introgression of Atlantic coast striped bass mitochondrial DNA in a Gulf of Mexico population using formalin preserved museum collections. *Molecular Ecology*, 6(10): 907-916.
<http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-294X.1997.00271.x>.
- WOLF, G. 2003. Friedrich Miescher: The man who discovered DNA. *Chemical Heritage*, 21(2): 10-11, 37-41.
- WONG, N. C., MORLEY, R., SAFFERY, R. & CRAIG, J. 2008. Archived Guthrie blood spots as a novel source for quantitative DNA methylation analysis. *BioTechniques*, 45(4): 423-430.
<http://dx.doi.org/10.2144/000112945>.
- WOODWARD, S. M. & HLYWKA, W. E. 1993. A database for frozen tissues and karyotype slides. *Collection Forum*, 9(2): 76-83.
- WOOLLEY, L. & MOOREY, P. R. S. 1982. *Ur 'of the Chaldees': a revised and updated edition of Sir Leonard Woolley's Excavations at Ur*. Cornell University Press. Ithaca. 272 pp.
- YANG, D. Y., ENG, B., WAYE, J. S., DUDAR, J. C. & SAUNDERS, S. R. 1998. Improved DNA extraction from ancient bones using silica-based spin columns. *American Journal of Physical Anthropology*, 105(4): 539-543.
[http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-8644\(199804\)105:4%3C539::AID-AJPA10%3E3.3.CO;2-1](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1096-8644(199804)105:4%3C539::AID-AJPA10%3E3.3.CO;2-1).
- YOSHIDA-YAMAMOTO, S., NISHIMURA, S., OKUNO, T., RAKUMAN, M. & TAKII, Y. 2010. Efficient DNA extraction from nail clippings using the protease solution from *Cucumis melo*. *Molecular Biotechnology*, 46(1): 41-48. <http://dx.doi.org/10.1007/s12033-010-9273-6>.
- ZAKHAROV, E. V., CHELOMINA, G. N. & ZHURAVLEV, Yu. N. 2000. [Isolation of DNA from museum exhibits of butterflies (Lepidoptera, Papilionidae) and PCR analysis with random and universal genes-specific primers]. *Genetika*, 36(9): 1221-1229 (en ruso).
- ZHANG, J. 2010. Exploiting formalin-preserved fish specimens for resources of DNA barcoding. *Molecular Ecology Resources*, 10(6): 935-941.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.2838.x>.

APPENDIX.

AD LECTOREM.

CUM hujus PINACIS pars ad Brassicam usque cusa jam foret, & aliquot mensibus ejus ulterior editio, ob operariorum defectum, a Typographo intermissa foret, & interim Thlaspi aliquot species ex Austria à D. Bursero accepissem, ea quæ de ejus speciebus scripseram examinans, observavi, ab amanuensi (ob meam absentiam) aliquos scbedas transpositas, & non eo quo fieri debebat ordine descriptas esse: idcirco duos libros priores, cum parte tertii diligenter relegi, & non solum quæ hinc inde transposita erant, in sua loca reposui: sed insuper quædam adhuc authorum nomina, addidi: quædam etiam emendavi: & sequentia descripta, diligentius perlegi. Addidi quinetiam nonnullarum hactenus non descriptarum brevem historiam. Quod si & his & reliquis posthac aliqua, ex novis produntibus Scriptoribus addi poterunt: vel insuper aliquid mutandum esse vel lectione, vel à bonis & ingenuis Viris, plantarum transmissione admonitus (cujus nomine officiosè rogamus) animadvertero, peculiari id appendice monebo: ἀλλ' ἔπειτα γὰρ αἱ ἀπορίαι σοφώτεραι, quare benignum & candidum Lectorem rogamus, ut omnia hæc benignè interpretetur.

Pagina 1. lin. 24. Graminis primi b. post lineam 30. adde Gramen caninum quartum, Tab.

pag. 2. b. post lin. 20. adde, Gramen equinum, sive Hippagrostis Gesneri cum hac plurimum convenit: Gramen albicans lanuginosum molle, Cam.

pag. 3. lin. 8. Gramen minimum, Lugd. lin. 18. deleatur. 1. 30. ico. Lugd.

p. 4. post lin. 10. V. L. Gramen spicatum foliis & spicis hirsutis mollibus. b. lin. 5. Theoph. Cauda vulpina Plinii.

p. 6. 1. 17. alterum, Lob. ico. b. 1. 17. pratensis, Trag. dele Lugd.

p. 7. b. 1. 31. aculeatum Germanicum vel

p. 9. 1. 24. spurium, Ad. b. 1. 43. Festuca nemoralis quarta

p. 10. b. 1. 3. & 22. pan. & hist.

p. 12. 1. 16. Holoschoenus, Cord. in Diosc. Gesn. 1. 24. Eng. desc. 1. 32. vulgaris. b. lin. 32. Lugd. cui etiam Calamagrostis leucanthemos. 1. 33. hist. & Ger. 1. 36. paludosus, Ad. & Lob.

p. 15. 1. 7. Lac. Ad. Cæf. b. 1. 11. icon. & Ger. 1. 23. marina, Dod. def.

p. 16. 1. 28. fontalis, Ad.

p. 17. b. 1. 9. Syringa & Arundo scriptoria, Ad. 1. 25. farcta, Ad.

p. 18. 1. 24. Mambu b. lin. 24. Saccharum, Melicalamus, Cord. hist. Mel arundinis quibusdam Saccharum, Lon.

p. 19. b. lin. 8. Cam. (cui & Xiphium Indicum Italorum) Cæf. 1. 10. quorundam, quod inter Cannam & Acorum ambiguae naturæ sit, quare &

Calamacorus 1. 18. Lugd. cum duplici figura. 1. 19. Florida & Harundo liliflora, Tab.

P. 20. 1. 5. videtur: vel potius *πρὸς τὸν*, quod locum palustrem notat. 1. 13. Lon. Ad. Lob.

Pag. 21. 1. 6. Cord. in Dioscorid. (cui & Triticum semestrem) Dodon. 1. 9. murica, Ad. & Lob. 1. 11. Cæf. II. Triticum filigineum, Triticum candidum, Græcorum & Galeni, *Σιτάριον* & *πυρρον* Hippocr. aut ejus interpreti Tragus, sive Olyra. Siligo Varroni, Columellæ & Plinio, cui & Sandalum. Tritici genus candidissimum, Cæsalp. 1. 13. vocavit. III. Triticum æstivum.

Trimestre triticum Græcis: *τριμῆλον* Theophr. & Dioscor. Setanium, Galen. Siliginis & Tritici 3. species, Columel. Triticum trimestre, Portæ. Triticum aliud quod Vernellum vocant, Cæsalp. IV. Triticum rufum. 1. 33. alterum & Triticum lucidum Gallobelgarum, Lob.

b. 1. 13. typhinum, sive Tipha cerealis multiplici 1. 19. cerealis, Ruell. Dod. gal. Triticum Romanum, Tragi, Eid. 1. 21. dele Lob. 1. 22. Triticum typhinum, Tab. aristis

p. 22. 1. 18. Amylæum. Olyra Diosc. 1. 37. Lob. (cui & Hordeum polystichon autumnale, Ad. par. alt.) Dod.

p. 23. 1. 1. ico. & Ad. part. alt. 1. 16. Brunf. Ruel. p. 25. b. 1. 36. Indicum, perperam Turcicum, Matth. Lon. Cast. 1. 44. Turcicum, Ang. Dodon. 1. 46. Lugdun. Portæ.

p. 27. b. 1. 36. Diosc. Iriocerealis sive Erysimum, Ruel. Erysimum cereale, Gesn. cat. Portæ. 1. 41. Dodo-

The physical heart of a museum is its collection, in fact having a collection is what makes a museum a museum, and most activity in most museums is involved with the acquisition, care, understanding, and use of their collections.

Yorke Edwards

Página 516 de la obra de Gaspard Bauhin *Pinax Theatri Botanici, sive Index in Theophrasti, Dioscoridis, Plinii, et Botanicorum qui a saeculo scripserunt opera* (Basilea, 1623).

APÉNDICE I. Acrónimos y siglas.

Se relacionan los acrónimos y siglas utilizados en esta Memoria así como los de uso frecuente en la documentación legislativa y normativa mencionada. Cuando las denominaciones inglesas tienen alternativas en castellano de uso frecuente, también se indican (en cursiva). En el caso de los términos en alemán, se añade a continuación la traducción al inglés (entre paréntesis).

ACRÓNIMO / SIGLA	NOMBRE
AA	Autoridad Administrativa CITES
ABPs	Animal By-Products - <i>Subproducto de origen Animal No Destinado a Consumo Humano (SANDACH)</i>
ABS	Access and Benefit-sharing - <i>Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios</i>
AC	Autoridad Científica CITES
ADN	Ácido desoxirribonucleico - Deoxyribonucleic Acid (DNA)
ASC	Association of Systematics Collections
BCI	Biodiversity Collections Index [Registry of Biological Repositories. Institutional Acronyms and Collection Codes]
BGBM	Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem (Botanical Garden and Botanical Museum Berlin-Dahlem)
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung (German Federal Ministry of Education and Research)
BSE	Bovine Spongiform Encephalopathy - <i>Encefalopatías espongiformes transmisibles (EET)</i>
C.c	Código Civil
CBD	Convention on Biological Diversity - <i>Convenio sobre la Diversidad Biológica</i>
CBOL	Consortium for the Barcode of Life
CETAF	Consortium of European Taxonomic Facilities
CETS	Council of Europe Treaty Serie
CITES	The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora - <i>Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres</i>
CNAs	Competent national authorities
CoOL	Conservation OnLine [An online Resources for Conservation Professionals operated by the Foundation of the American Institute for Conservation]
COP	Conference of the Parties (CBD) - <i>Conferencia de las Partes</i>
CoP	Conference of the Parties (CITES) - <i>Conferencia de las Partes</i>
DBM	Deutsches Bergbau-Museum, Bochum (German Mining Museum)
DDBJ	DNA DataBank of Japan

DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft (German Research Foundation)
DM	Deutsches Museum München (German Museum, Munich)
DNA	Deoxyribonucleic Acid - <i>Ácido desoxirribonucleico (ADN)</i>
DNFS	Deutsche Naturwissenschaftliche Forschungssammlungen (Consortium of German Natural History Research Collections)
DSM	Deutsches Schifffahrtmuseum, Bremerhaven (German Shipping Museum)
EC	European Community - <i>Comunidad Europea (CE)</i>
EDIT	European Distributed Institute of Taxonomy
EET	<i>Encefalopatías Espongiformes Transmisibles</i> - Bovine Spongiform Encephalopathy (BSE)
EMBL	European Molecular Biology Laboratory
EPI	<i>Equipo de protección individual</i> - (Personal protective equipment PPE)
ESFRI	European Strategy Forum on Research Infrastructures
ETS	European Treaty Series
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
GDP	Gross domestic product - <i>Producto interno bruto (PIB)</i>
GEF	Global Environment Facility
GenBank	National Institutes of Health genetic sequence database
GGBN	Global Genome Biodiversity Network
GNM	Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg (Germanic National Museum, Nuremberg)
GWK	Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (Joint Science Conference)
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICOM	International Council of Museums - <i>Consejo Internacional de Museos</i>
iDigBio	Integrated Digitized Biocollections (
IMT	Global Taxonomy Initiative - <i>Iniciativa Mundial sobre Taxonomía</i>
INSDC	International Nucleotide Database Collaboration
KMK	Kultusministerkonferenz (Standing Conference of the Ministers of Education and Cultural Affairs of the Länder in the Federal Republic of Germany)
LIS	Wissenschaftliche Literaturversorgungs- und Informationssysteme (Scientific Library Services and Information Systems)
LPRL	Ley de prevención de riesgos laborales
MAT	Mutually agreed terms - <i>Condiciones mutuamente acordadas</i>
MfN	Museum für Naturkunde – Leibniz-Institut für Evolutionsund Biodiversitätsforschung an der Humboldt-Universität zu Berlin (Natural History Museum – Leibniz Institute for Evolution and Biodiversity Research at the Berlin Humboldt University)
MNCN	Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid
MTA	Material Transfer Agreement - <i>Acuerdo de Transferencia de Material</i>
NCBI	National Center for Biotechnology Information
NEMO	Network of European Museum Organisations
NFPs	National Focal Points - <i>Puntos focales nacionales</i>

NHM	Natural History Museum, London
NSC	Natural Science Collections Alliance
OCDE	<i>Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos</i> - Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD)
OECD	The Organisation for Economic Cooperation and Development - <i>Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE)</i>
OMC	<i>Organización Mundial del Comercio</i>
OMPI	<i>Organización Mundial de la Propiedad Intelectual</i>
OMS	<i>Organización Mundial de la Salud</i> - World Health Organization (WHO)
PHE	Ley 16/1985 de 25 de junio del Patrimonio Histórico Español
PIB	<i>Producto Interno Bruto</i> - Gross domestic product (GDP)
PIC	Prior Informed Consent - <i>Consentimiento Previamente Informado</i>
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
Psi	Pound per square inch - <i>Libra por pulgada cuadrada</i> [unidad de presión del sistema anglosajón]
REB	Research Ethics Board - <i>Comité Científico de Ética</i>
RGZM	Römisch-Germanisches Zentralmuseum, Mainz (Roman- Germanic Central Museum)
SANDACH	<i>Subproducto de origen Animal No Destinado a Consumo Humano</i> - Animal By-Products ABPs
SciColl	Scientific Collections International
SGN	Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, Frankfurt am Main (Senckenberg Society for Natural History Research)
SHNH	The Society for the History of Natural History
TDWG	Biodiversity Information Standards (formerly the Taxonomic Database Working Group)
TK	Traditional Knowledge
UE	<i>Unión Europea</i> - European Union (EU)
UMAC	University Museums and Collections
UN	United Nations
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation
WGL	Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz
WHO	World Health Organization - <i>Organización Mundial de la Salud</i> (OMS)

APÉNDICE II. Biobancos de biodiversidad.

Este listado, que no pretende ser exhaustivo sino meramente informativo, se ha obtenido mediante búsquedas en Internet y se ha completado con la información encontrada en el Global Genome Biodiversity Network (GGBN), en DNA Banks and Genetic Resource Repositories in the United States, que es accesible en Integrated Digitized Biocollections (iDigBio), en la guía de las colecciones españolas de Historia Natural (GONZÁLEZ & BARATAS, 2013) y en el nodo GBIF España (<http://www.gbif.es>).

ALEMANIA

Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem

<http://www.bgbm.org/en/dna-bank>

EUPRIM

<http://www.euprim-net.eu/genebank.htm>

Gene Bank of Primates Deutschen Primatenzentrum (DPZ)

<http://www.dpz.eu/en/unit/primate-genetics/about-us/service/gene-bank-of-primate.html>

Museum für Naturkunde

<http://www.naturkundemuseum-berlin.de/en/institution/mitarbeiter/von-rintelen-thomas/>

Senckenberg

http://www.senckenberg.de/root/index.php?page_id=15166

Zoological Research Museum Alexander Koenig

http://www.zfmk.de/web/Forschung/Abteilungen/AG_Wgele/Forschung/Biobank/index.en.html

Zoologische Staatssammlung München

<http://www.zsm.mwn.de/e/sections.htm>

AUSTRALIA

Australian Museum

<http://australianmuseum.net.au/Frozen-Tissue-Collection>

Australian Plant DNA Bank

<http://collections.ala.org.au/public/show/co133>

The South Australian Museum

<http://www.samuseum.sa.gov.au/collections/biological-sciences/biological-tissues>

BRASIL

DNA Bank Brazilian Flora Species

http://www.jbrj.gov.br/pesquisa/div_molecular/bancodna/sobre_ing.htm

CHINA

China National Genebank http://www.nationalgenebank.org/en/biological_bank.html

COLOMBIA

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt". Colombia
<http://www.humboldt.org.co/servicios/colecciones-biologicas/tejidos>

COREA DEL SUR

Conservation Genome Resource Bank for Korean Wildlife
http://www.cgrb.org/index_e.htm

Plant DNA Bank in Korea (PDBK) <http://pdbk.korea.ac.kr/>

DINAMARCA

Zoological Museum Copenhagen <http://zoologi.snm.ku.dk/english/collections/Tissues/>

ESPAÑA

El Banc de Teixits, Museu de Ciències Naturals de Barcelona
http://w110.bcn.cat/portal/site/MuseuDeCiencies/?vgnnextchannel=0000000418832070VgnV6CONT000000000000RCRD&lang=ca_ES

Banco de Recursos Genéticos Estación Experimental de Zonas Áridas CSIC
<http://www.eeza.csic.es/es/default.aspx>

Banco de Recursos Zoogenéticos. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) <http://www.serida.org/proyectedetalle.php?id=381>

Banco de Tejidos Animales de Catalunya. Facultad de Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona http://btac.uab.cat/BTAC_func.htm

BIOMABANC. Red de bancos de biodiversidad de la flora macaronésica y Banco de ADN de la flora canaria http://www.rinconesdelatlantico.com/num4/25_biomabanc.html

Centro Nacional de Recursos Fitogenéticos
<http://wwwx.inia.es/crf/wwwcrf/CRFesp/Paginaprincipal.asp>

Estación Biológica de Doñana (EBD-CSIC) <http://www.ebd.csic.es/>

Instituto de Bioingeniería de la Universidad Miguel Hernández. Unidad de Ingeniería Celular y Tisular <http://bioingenieria.umh.es/unidades.asp?unidad=7>

Inventario Nacional de Recursos Fitogenéticos
<http://wwwx.inia.es/webcrf/CRFesp/Paginaprincipal.asp>

Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN-CSIC)
http://www.mncn.csic.es/Menu/Coleccionesydocumentacin/Colecciones/TejidosyADN/seccion=1208&idioma=es_ES.do

EE. UU.

Academy of Natural Sciences (Drexel University)

[http://www.anasp.org/research/systematics-evolution/
resources/molecular-biology/facilities/](http://www.anasp.org/research/systematics-evolution/resources/molecular-biology/facilities/)

American Museum of Natural History (AMNH), Ambrose Monell Collection for Molecular and Microbial Research <http://research.amnh.org/genomics/Facilities/AMCC>

Alaska Department of Fish and Game [http://www.adfg.alaska.gov/index.cfm?adfg=
fishinggeneconservationlab.main](http://www.adfg.alaska.gov/index.cfm?adfg=fishinggeneconservationlab.main)

Bell Museum of Natural History, University of Minnesota <http://www.bellmuseum.umn.edu/>

Botanical Research Institute of Texas <http://www.brit.org/>

Burke Museum, Genetic Resources Collection <http://www.burkemuseum.org/genetic>

California Academy of Sciences, Center for Comparative Genomics CryoCollection <http://research.calacademy.org/ccg/cryo>

California Department of Food and Agriculture, California State Collection of Arthropods Frozen Tissue Collection <http://www.cdffa.ca.gov/plant/ppd/csca.html#ftc>

Carnegie Museum of Natural History, Mammal Collection <http://www.carnegiemnh.org/mammals/collections.html>

Cincinnati Museum of Natural History, Department of Zoology <http://www.cincymuseum.org/research/zoology>

Conner Museum (Washington State University) <http://sbs.wsu.edu/connermuseum/research.html>

Cornell University Museum of Vertebrates <http://www.cumv.cornell.edu/>

Denver Museum of Nature and Science, Zoology Collections <http://www.dmns.org/science/collections/dmns-zoology-collections/>

Duke Lemur Center <http://lemur.duke.edu/research/biological-samples/>

Field Museum, Collections Resource Center <http://fieldmuseum.org/explore/department/collections-resource-center>

Florida Museum of Natural History, Genetic Resources Repository (University of Florida) <http://www.flmnh.ufl.edu/grr/>

Fungal Genetics Stock Center <http://www.fgsc.net>

Humboldt State University, Department of Biological Sciences, Vertebrate Museum <http://www.humboldt.edu/vmuseum/collections.html>

Los Angeles County Natural History Museum
<http://www.nhm.org/site/research-collections>

Louisiana State University Museum of Natural Science (Louisiana Museum of Natural History)
[http://appl003.lsu.edu/natsci/lmns.nsf/\\$Content/Genetic+Resources? OpenDocument](http://appl003.lsu.edu/natsci/lmns.nsf/$Content/Genetic+Resources?OpenDocument)

Marine Environmental Specimen Bank, Hollings Marine Laboratory, National Institute of Standards and Technology
<http://www.nist.gov/mml/csd/marineesb.cfm>

Missouri Botanical Garden
http://www.wlbcenter.org/dna_banking.htm

Monte L. Bean Life Science Museum (Brigham Young University) <http://mlbean.byu.edu/>

Museum of Comparative Zoology Cryogenic Collection (Harvard University)
<http://mczbase.mcz.harvard.edu/SpecimenSearch.cfm>

Museum of Southwestern Biology, Division of Genomic Resources (University of New Mexico)
<http://www.msb.unm.edu/dgr/contact.html>

Museum of Texas Tech University, Natural Science Research Laboratory, Genetic Resources Collection
<http://www.nsl.ttu.edu/collections/GRC/index.htm>

Museum of Vertebrate Zoology (University of California Berkeley)
<http://www.mip.berkeley.edu/mvz/collections/TissueCollection.html>

Museum of Wildlife and Fish Biology (University of California Davis)
<http://mwfb.ucdavis.edu/collectionssec2.html>

National Museum of Natural History Biorepository (Smithsonian Institution)
<http://www.mnh.si.edu/rc/biorepository/index.html>
<https://www.mnh.si.edu/rc/>

New Mexico Museum of Natural History and Science
<http://www.nmnaturalhistory.org/bioscience-collections.html>

North Carolina Museum of Natural Sciences
<http://naturalsciences.org/research-collections/>

North Carolina State Museum Insect Museum <http://insectmuseum.org/index.php>

Ocean Genome Legacy <http://www.oglf.org/>

Oklahoma Collection of Genomic Resources, Sam Noble Oklahoma Museum of Natural History
<http://www.snomnh.ou.edu/collections-research/ocgr.htm>

Oklahoma State University Collection of Vertebrates
<http://zoology.okstate.edu/index.php/frozen-tissue-loan-policy>

Oregon State University Herpetological Collection
<http://people.oregonstate.edu/~arnoldst/herp%20collection.htm>

Pacific Center for Molecular Biodiversity, Bernice Pauahi Bishop Museum
<http://www.bishopmuseum.org/research/natsci/pcmb/pcmb.html>

Plasmid Information Database, Dana-Farber/Harvard Cancer Center
<http://plasmid.med.harvard.edu/PLASMID/Home.jsp>

San Diego Zoo, Frozen Zoo
http://www.sandiegozooglobal.org/what_we_do/banking_genetic_resources/

Texas Cooperative Wildlife Collection, The Natural History Collection at Texas A&M University
<http://brtc.tamu.edu/collections/tissues/>

Texas Natural Science Center (University of Texas at Austin)
http://www.utexas.edu/tmm/tnhc/tissue_grant_policy.html

The New York Botanical Garden <http://www.nybg.org/science/dna-bank-search.php>

The University of Kansas Biodiversity Institute
<http://biodiversity.ku.edu/research-collections>

University of Alabama Ichthyology Collection <http://www.as.ua.edu/uaic/>

University of Alaska Museum of the North <http://www.uaf.edu/museum/collections/af/>

University of California Davis, Nematode Collection
<http://nematology.ucdavis.edu/about/facility/collection.php>

University of Central Oklahoma Natural History Museum
<http://biology.uco.edu/uconhm/index.html>

University of Michigan Museum of Zoology
<http://www.lsa.umich.edu/ummz/herps/collections/about-collection.asp>

University of Wisconsin Zoological Museum, Ornithology Department
<http://www.zoology.wisc.edu/uwzm/collections.html>

Virginia Museum of Natural History <http://www.vmnh.net/collections>

Ware Laboratory for Molecular Phylogenetics, Rutgers University - Newark
<http://runewarkbiology.rutgers.edu/Ware%20Lab/CONTACTUS.html>

Yale Peabody Museum of Natural History, Cryo Facility
<http://peabody.yale.edu/collections/cryo-facility/cryo-facility>

The Frozen Zoo. San Diego Zoo http://www.sandiegozooglobal.org/what_we_do_banking_genetic_resources/frozen_zoo/

HOLANDA

DNA bank at the Nationaal Herbarium Nederland
<https://science.naturalis.nl/en/collection/naturalis-collections/botany/>

IRLANDA

Trinity College DNA bank. Trinity College Dublin, Ireland
<http://www2.unil.ch/phylo/bioinfo/tcdbank.html>

ITALIA

Department of Experimental Veterinary Science of the University of Padova
<http://digilander.libero.it/cetaceantissuebank/>

JAPÓN

NIAS DNA Bank <http://www.dna.affrc.go.jp/>

MÉXICO

Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera" de la Facultad de Ciencias (mzfc). México
http://osuno.fciencias.unam.mx/laboratorios/Mzoologia/AvesMam_MZFC_archivos/page0001.htm

NORUEGA

Natural History Museum (NHM) of Oslo
<http://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/dna-bank/>

POLONIA

National Plant, Fungi and Animal DNA Bank in Poland
<http://www.bankdna.pl/index.php?lang=english>

REINO UNIDO

Kew Royal Botanic Gardens
<http://www.kew.org/science-conservation/collections/dna-research>

The Natural History Museum London
<http://www.nhm.ac.uk/research-curation/collections/our-collections/plant-collections/molecular-collections/index.html>

The Natural History Museum London (Frozen Ark project)
http://www.nhm.ac.uk/about-us/news/2004/july/news_5295.html

SUDÁFRICA

South African National Biodiversity Institute (SANBI)
<http://www.sanbi.org/programmes/conservation/dna-bank>

SUECIA

Naturhistoriska Riksmuseet
<http://www.nrm.se/researchandcollections/zoology/vertebratezoology/birds/collections/bloodandtissuecollection.4.5fdc727f10d795b1c6e80007289.html>

APÉNDICE III. Ejemplos de Acuerdos de Transferencia de Material (MTA).

1) Costa Rica

1



MINISTERIO DEL AMBIENTE Y ENERGIA SISTEMA NACIONAL DE AREAS DE CONSERVACIÓN



FOI-004-010

GUÍA PARA ELABORAR ACUERDOS DE TRANSFERENCIA DE MATERIAL BIOLÓGICO PARA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA (ATM)

Artículo 1. Considerando la normativa vigente contenida en la Ley de Conservación de Vida Silvestre (Ley No 7317 publicada en la Gaceta No 235, del 7 de diciembre de 1992) en el artículo 17, 26 y 27 y en el Artículo 82 del reglamento a la Ley de Conservación de la Vida Silvestre; la Ley de Biodiversidad (Ley No 7788 publicada en la Gaceta No 101, del 27 de mayo de 1998) en su artículo 78; se suscribe el presente Acuerdo de Transferencia de material biológico de la biodiversidad costarricense; entre el Sistema Nacional de Áreas de Conservación del Ministerio del Ambiente y Energía, quien en adelante se denominará el proveedor y el Señor (la persona o el representante legal de la Institución o empresa), quien en adelante se denominará el interesado.

Artículo 2. El “proveedor” del recurso biológico, transfiere el material al interesado, para ser usado exclusivamente en el proyecto de investigación titulado: _____; cuyo investigador principal responsable es el Señor _____ (nombre e identificación), con el siguiente objetivo: _____. El interesado debe especificar en su solicitud escrita, el uso que se le dará al mismo, entendiéndose que no podrá ser utilizado para otro propósito diferente, sin la previa autorización oficial del proveedor, la cual se hará por escrito y deberá ser firmada por las personas que a tal efecto están autorizadas.

Artículo 3 Mediante este ATM, el _____ (proveedor) entrega al Señor _____, los recursos biológicos descritos a continuación :
Lista de materiales entregados (incluir nombres científicos, cantidades.
Además, se debe llenar en forma continua e indicar el final con “Última Línea”).

Artículo 4. Cuando los especímenes obtenidos, mediante recolecta científica o cultural se destinen a instituciones extranjeras, el Sistema Nacional de Áreas de Conservación del Ministerio del Ambiente y Energía, exigirá, antes de otorgar el permiso de exportación con fines científicos o culturales, la entrega de ejemplares idénticos para el Museo Nacional y a la Universidad de Costa Rica (Ley No. 4594 del 22 de julio de 1970) y para los jardines botánicos y los zoológicos estatales, única y exclusivamente (Artículo 46 de la Ley de Vida Silvestre 7317).

Artículo 5. Este Acuerdo de Transferencia de Material Biológico (ATM), no autoriza al interesado a utilizar los recursos biológicos descritos en el Artículo 3 para fines de acceso a la información genética o bioquímica de dichos recursos. Si así fuere este Acuerdo de Transferencia de Material no tiene validez y el interesado deberá tramitar su solicitud en cumplimiento de la legislación nacional respectiva.

Artículo 6. El proveedor solicitará los resultados de las investigaciones; quedando a entera discreción de la institución, incluir esta información en sus bases de datos incluyendo aquellas de uso público en general.

Artículo 7. El interesado no podrá transferir a terceros, el material original, ni duplicados, sin la autorización oficial del proveedor. En caso de existir un tercer interesado, éste está igualmente vinculado en los mismos términos establecidos en el presente acuerdo entre el proveedor y el interesado original.

Artículo 8. El recurso biológico no es objeto de protección de derechos de propiedad intelectual e industrial, de conformidad con el Artículo 78 de la Ley de Biodiversidad (Ley No 7788) de Costa Rica.

Artículo 9. El interesado dará el crédito respectivo en las publicaciones resultado de las investigaciones realizadas a partir del material biológico o de información suministrada por el Área (as) de Conservación respectiva (as).

Artículo 10. Con base en los objetivos del Convenio de Diversidad Biológica (1994) y la Ley de biodiversidad (1998), por medio de este ATM, se podrán acordar distribución de beneficios derivados del uso de la biodiversidad, tales como: capacitación, transferencia de tecnología, Información, investigaciones conjuntas, inversión en infraestructura, otros.

Artículo 11. El Sistema Nacional de Áreas de Conservación se reserva el derecho de cancelar este acuerdo de Transferencia de material, sin responsabilidad alguna para el Estado, cuando se compruebe que se ha incumplido el mismo.

Artículo 12. El interesado no intentará comercializar ni comercializará el material, o parte de éste y la información relacionada con él.

Artículo 13. El interesado asume toda responsabilidad de cumplir con las reglas y requisitos que sobre movimiento de material biológico estén vigentes en su país y en los países en tránsito.

Artículo 14. La sola tenencia del material biológico autorizado implica la aceptación de las cláusulas del presente ATM.

Artículo 15. Las noticias y comunicaciones podrán ser registradas en forma escrita, por facsímile, correo certificado, correo electrónico acompañado de la confirmación electrónica escrita, para ambas partes.

Artículo 16. En caso de incumplimiento o controversias derivadas de este contrato, por alguna de las partes, las mismas se someterán a lo que estipula la normativa vigente costarricense.

Artículo 17. Este acuerdo se rige por las leyes de Costa Rica.

Director (a) Área de Conservación o Encargado Investigación
Interesado

____/____/_____
Fecha

____/____/_____
Fecha

2) Brasil



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

MATERIAL TRANSFER AGREEMENT - MTA

The Material Transfer Agreement (MTA) was established to monitor shipments of genetic heritage existing under *in situ* conditions, within the national territory, on the continental shelf and in the exclusive economic zone, or maintained under *ex situ* conditions, intended for Brazilian or foreign research institutions based on the following principles:

- Acknowledgement that the exchange of genetic heritage between research institutions in the field of biology and related areas, based in Brazil or abroad, is of vital importance to increase knowledge of Brazilian biodiversity;

- The need to ensure compliance with the provisions of the Convention on Biological Diversity, especially national sovereignty over biodiversity, prior informed consent and sharing of benefits arising from the use of genetic heritage.

No. _____/_____/_____ (for internal control)
(year) (acronym of Sending Institution)
Sending Institution:
Address:
Information on the representative of the Institution
Name:
ID (type, number, and issuing agency):
Position of legal representative of the Sending Institution:
Legal document assigning authority to the legal representative:
Receiving Institution:
Address:
Information on the representative of the Institution
Name:
ID (type, number, and issuing agency):
Position of legal representative of the Receiving Institution:
Legal document assigning authority to the legal representative:
Project/Agreement in question (as appropriate):

The signatory institutions, through their duly established representatives, bearing in mind that provided for in the Convention on Biological Diversity, in Provisional Act No. 2,186-16, dated August 23, 2001, in Decree No. 3,945, dated September 28, 2001, altered by Decree No. 4,946 of December 31, 2003, and in Genetic Heritage Management Council Resolution No. 13, dated March 25, 2004, undertake to use the sample(s) of the genetic heritage components transferred among themselves pursuant to the following conditions:

1. The material sent, either on a temporary or permanent basis, should be used by the receiving institution exclusively for developing scientific research for non-commercial purposes.

2. When any product or process derived from samples of genetic heritage components shipped under the terms of this Resolution, whether or not such product or process is subject to intellectual property protection, is identified as having potential commercial use, the Receiving Institution shall undertake to so inform the Sending Institution, which shall in turn inform the Genetic Heritage Management Council or an institution it has accredited under the terms of Article 11(IV)(e) of Provisional Act No. 2,186, dated August 23, 2001; it shall be prohibited to continue engaging in the activity for which the commercial potential was identified without complying with

the pertinent legal provisions, particularly the signing of the Contract for the Use of Genetic Heritage and Benefit-Sharing.

3. Samples of genetic heritage components sent on a temporary or permanent basis may not be transferred to third parties by the initial Receiving Institution unless a new MTA has first been signed between the original Sending Institution and the new Receiving Institution.

4. Receiving Institutions that receive samples of genetic heritage components, on a temporary or permanent basis, shall abide by the terms of the MTA with regard to any transaction related to the samples, and shall not be considered providers nor shall they rights to benefit-sharing with respect to this material.

5. Any publication resulting from the use or study of shipped samples of genetic heritage components shall expressly acknowledge the origin of the material and credit the Sending Institution, which must also be sent a copy of the publication in question.

6. The signatory institutions shall cooperate, on mutually agreed terms, in capacity building and technology transfer, to promote the conservation and sustainable use of biological diversity, as provided for in Provisional Act No. 2.816-16, dated August 23, 2001.

7. The signatory institutions shall be responsible for compliance with health and biosafety laws in force in the Brazilian territory.

8. Failure to comply with the procedures set forth in this Agreement shall subject offenders to the penalties established in existing legislation.

9. The competent forum for settling disputes among institutions with respect to this MTA shall be the head office of the original Sending Institution.

10. This Agreement shall be valid for a period of two years, and may be renewed for equal periods by agreement of the Parties, officially expressed by both, prior to the termination of the previous period of validity.

11. The commitments related to the material transferred under this Agreement shall remain valid for an indefinite period of time, regardless of whether or not the Agreement has been renewed.

Having agreed with all the above provisions, the representatives of the Receiving Institution and of the Sending Institution hereby sign this Agreement, in three identical copies, each equally authentic, with equal legal effect.

Place and date: São Paulo, 25/September/2012

Representative of the Receiving Institution: _____

Representative of the Sending Institution: _____

1ª Copy (IBAMA)

2ª Copy (Sending Institution)

3ª Copy (Receiving Institution)

3) REINO UNIDO (Royal Botanic Gardens Kew)



NON COMMERCIAL MATERIAL SUPPLY AGREEMENT FOR DNA (with effect from 1 December 2004)

The Royal Botanic Gardens, Kew ("Kew") is committed to the letter and spirit of the Convention on Biological Diversity ("CBD") and expects its partners to act in a manner consistent with the CBD. This agreement is designed to promote scientific research and exchange, whilst recognising the terms on which Kew acquired the plant or fungal material and the important role played by *ex situ* collections in the implementation of the CBD. Kew reserves the right not to supply any plant or fungal material if such supply would be contrary to any terms attached to the material and/or to the CBD.

Kew will supply the material listed on the reverse of this agreement ("Material") subject to the following terms and conditions:

1. The recipient may only use the Material, its progeny or derivatives for the common good in scientific research, education, conservation and the development of botanic gardens;
2. The recipient shall not sell, distribute or use for profit or any other commercial application¹ the Material, its progeny or derivatives;
3. The recipient shall share fairly and equitably the benefits arising from their use of the Material, its progeny or derivatives in accordance with the CBD. You will find a non exhaustive list of non-monetary and monetary benefits at Appendix II to the Bonn Guidelines: www.biodiv.org/programmes/socio-eco/benefit/bonn.asp;
4. The recipient shall acknowledge Kew, as supplier, in all written or electronic reports and publications resulting from their use of the Material, its progeny and derivatives and shall lodge a copy of all such publications and reports with Kew;
5. The recipient shall take all appropriate and necessary measures to import the Material in accordance with relevant laws and regulations and to contain the Material, its progeny or derivatives so as to prevent the release of invasive alien species;
6. The recipient may only transfer the Material, its progeny or derivatives to a bona fide third party such as a botanic garden, university or scientific institution for non-commercial use in the areas of scientific research, education, conservation and the development of botanic gardens. All transfers shall be subject to the terms and conditions of this agreement. The recipient shall notify Kew of all such transfers and, on request, shall provide Kew with copies of the relevant material transfer agreement;
7. The recipient shall maintain retrievable records linking the Material to these terms of acquisition and to any accompanying Data provided by Kew;
8. Unless otherwise indicated, copyright in all information or data ("Data") supplied with the Material is owned by Kew or Kew's licensors. You may use these Data on condition that they are used solely for scholarly, education or research purposes; that they are not used for commercial purposes; and that you always acknowledge the source of the Data with the words "With the permission of the Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew";
9. Kew makes no representation or warranty of any kind, either express or implied, as to the identity, safety, merchantability or fitness for any particular purpose of the Material, its progeny or derivatives, or as to the accuracy or reliability of any Data supplied. The recipient will indemnify Kew from any and all liability arising from the Material, its progeny or derivatives and/or the Data and from their use or transfer, including any ecological damage. This agreement is governed by and shall be construed in accordance with English law;
10. The recipient will contact Kew to request prior permission from Kew or, where appropriate, from the provider of the Material to Kew, for any activities not covered under the terms of this agreement.

I agree to comply with the conditions above:

Signed:

Date: dd/mm/yy

Name and Position:

Organisation and Department:

Address:

E-mail:

Tel. Number:

Please return a signed copy to:
Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond Surrey TW9 3AE, United Kingdom.

Kew Staff Signature:

Name/Position/Date: dd/mm/yy:

¹ For the purposes of this agreement, commercial application shall mean: applying for, obtaining or transferring intellectual property rights or other tangible or intangible rights by sale or licence or in any other manner; commencement of product development; conducting market research; seeking pre-market approval; and/or the sale of any resulting product.

4) ESPAÑA (Banco de ADN de la Flora Canaria)



BANCO DE ADN DE LA FLORA CANARIA

Jardín Botánico Canario "Viera y Clavijo" – Unidad Asociada CSIC
Cabildo de Gran Canaria

NON-COMMERCIAL MATERIAL SUPPLY AGREEMENT

(ADAPTED FROM THE FORM AT THE DNA BANK IN KEW GARDENS)

With effect from July 1st 2005

The Banco de ADN de la Flora Canaria (DNA Bank of the Canarian Flora) at the Jardín Botánico Canario "Viera y Clavijo" – Unidad Asociada CSIC of the Cabildo de Gran Canaria ("JBCVCSIC" herefrom) is committed to the letter and spirit of the Convention on Biological Diversity ("CBD" herefrom) and expects its partners to act in a manner consistent with the CBD. This agreement is designed to promote scientific research and exchange, whilst recognising the terms on which JBCVCSIC acquired the plant or fungal material and the important role played by *ex situ* collections in the implementation of the CBD. JBCVCSIC reserves the right not to supply any plant or fungal material if such supply would be contrary to any terms attached to the material and/or to the CBD.

The DNA bank of the JBCVCSIC will supply the genetic material listed on the sample sheet associated with this agreement ("Material" herefrom) subject to the following terms and conditions:

1. The recipient may only use the Material or derivatives for the common good in scientific research, education, conservation and the development of botanic gardens;
2. The recipient shall not sell, distribute or use for profit or any other commercial application¹ the Material, or derivatives;
3. The recipient shall share fairly and equitably the benefits arising from their use of the Material, or derivatives in accordance with the CBD. You will find a non exhaustive list of non-monetary and monetary benefits at Appendix II to the Bonn Guidelines (www.biodiv.org/programmes/socio-eco/benefit/bonn.asp);
4. The recipient shall acknowledge JBCVCSIC as supplier, in all written or electronic reports and publications resulting from their use of the Material or derivatives, and shall lodge a copy of all such publications and reports with JBCVCSIC (see email below);
5. The recipient shall take all appropriate and necessary measures to import the Material in accordance with relevant laws and regulations and to contain the Material, or derivatives so as to prevent the release of invasive alien species;
6. The recipient may only transfer the Material, or derivatives to a bona fide third party such as a botanic garden, university or scientific institution for non-commercial use in the areas of scientific research, education, conservation and the development of botanic gardens. All transfers shall be subject to the terms and conditions of this agreement. The recipient shall notify JBCVCSIC of all such transfers and, on request, shall provide JBCVCSIC with copies of the relevant material transfer agreement;
7. The recipient shall maintain retrievable records linking the Material to these terms of acquisition and to any accompanying Data provided by JBCVCSIC;
8. Unless otherwise indicated, copyright in all information or data ("Data") supplied with the Material is owned by JBCVC. You may use these Data on condition that they are used solely for scholarly, education or research purposes; that they are not used for commercial purposes; and that you always acknowledge the source of the Data with the words "With the permission of the JBCVCSIC";
9. JBCVCSIC makes no representation or warranty of any kind, either express or implied, as to the identity, safety, merchantability or fitness for any particular purpose of the Material, its progeny or derivatives, or as to the accuracy or reliability of any Data supplied. The recipient will indemnify JBCVCSIC from any and all liability arising from the Material, or derivatives and/or the Data and from their use or transfer, including any ecological damage.
10. The recipient will contact JBCVCSIC to request prior permission from JBCVCSIC or, where appropriate, from the provider of the Material to JBCVCSIC, for any activities not covered under the terms of this agreement.

I AGREE TO COMPLY WITH THE CONDITIONS ABOVE

Agreement number (see it in the upper right corner of the sheet sent to you with the samples)

Signed:

Date:

Name:
Position:
Organisation:
Department:
Address:
E-mail:
Tel. Number:

Please return a signed copy to:

Banco de ADN de la Flora Canaria
Jardín Botánico Canario "Viera y Clavijo" - Unidad Asociada CSIC
Cabildo de Gran Canaria
Ap. de correos 14 de Tafira Alta
35017 Las Palmas de Gran Canaria (Spain)

Or email a jpeg scan of the signed agreement

to the address: adn.flora.canaria@gmail.com

¹ For the purposes of this agreement, commercial application shall mean: applying for, obtaining or transferring intellectual property rights or other tangible or intangible rights by sale or licence or in any other manner; commencement of product development; conducting market research; seeking pre-market approval; and/or the sale of any resulting product.

APÉNDICE IV. Legislación.

En este Apéndice se ha recopilado la normativa relacionada con la protección de la biodiversidad, clasificada en función del ámbito de actuación (España y Unión Europea) e incluye los principales convenios internacionales suscritos por España.

Normativa española

- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad
- Real Decreto 1015/2013, de 20 de diciembre, por el que se modifican los anexos I, II y V de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad
- Real Decreto 556/2011, para el desarrollo del Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad
- Real Decreto 1274/2011, que aprueba el Plan estratégico del patrimonio natural y de la biodiversidad 2011-2017
- Real Decreto 1424/2008, que determina la composición y las funciones de la Comisión Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad, dicta las normas que regulan su funcionamiento y establece los comités especializados adscritos a la misma.

Sobre espacios protegidos

Red Natura 2000

- Orden ARM/2417/2011, de 30 de agosto, por la que se declaran zonas especiales de conservación los lugares de importancia comunitaria marinos de la región biogeográfica Macaronésica de la Red Natura 2000 y se aprueban sus correspondientes medidas de conservación
- Real Decreto 1193/1998, de 12 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres
- Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres
- Ley 41/2010, de protección del medio marino

Inventario Nacional de Zonas Húmedas

- Real Decreto 435/2004, que regula el Inventario nacional de zonas húmedas
- Resolución que actualiza el Inventario Nacional de Zonas Húmedas, Comunidad Valenciana
- Resolución corrección de errores BOE 39/2009 comunidad autónoma de Andalucía
- Resolución que actualiza el Inventario Nacional de Zonas Húmedas, comunidad autónoma de La Rioja
- Resolución corrección de errores BOE 275/2006 Comunidad de Madrid
- Resolución que actualiza el Inventario Nacional de Zonas Húmedas, comunidad autónoma de Andalucía
- Resolución que actualiza el Inventario Nacional de Zonas Húmedas, Comunidad de Madrid

Listado y catálogo español de especies exóticas invasoras

- Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras

Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y Catálogo Español de Especies Amenazadas

- Orden AAA/75/2012, actualizando el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial para su adaptación al Anexo II del Protocolo
- Resolución por la que se designan los miembros del Comité Científico del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas
- Real Decreto 139/2011, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas

Conservación de Especies Silvestres

- Ley 31/2003, de 27 de octubre, de conservación de la fauna silvestre en los parques zoológicos

Recursos forestales

- Instrumento de Ratificación del Convenio Internacional de las Maderas Tropicales, 2006, hecho en Ginebra el 27 de enero de 2006 (BOE nº 51, de 29 de febrero de 2012)

Recursos genéticos

- Ley 30/2006, de 26 de julio, de semillas y plantas de vivero y de recursos fitogenéticos
- Real Decreto 1220/2011, que modifica el RD 289/2003, sobre comercialización de los materiales forestales de reproducción
- Resolución de 28 de julio de 2009, de la Dirección General de Recursos Agrícolas y Ganaderos, por la que se autoriza y publica el Catálogo Nacional de las Regiones de Procedencia relativa a diversas especies forestales

Aplicación del Convenio de Ramsar en España**Resoluciones de inclusión de humedales en la Lista Ramsar**

Ramsar BOE 30/2011
Ramsar BOE 274/2011
Ramsar BOE 266/2011
Ramsar BOE 202/2009
Ramsar BOE 253/2006
Ramsar BOE 47/2006
Ramsar BOE 14/2003
Ramsar BOE 278/2002
Ramsar BOE 296/1996
Ramsar BOE 278/1996
Ramsar BOE 59/1996
Ramsar BOE 277/1994
Ramsar BOE 273/1994
Ramsar BOE 135/1994
Ramsar BOE 298/1993
Ramsar BOE 73/1993
Ramsar BOE 110/1990

Instrumentos de adhesión al Convenio de Ramsar

BOE nº 167, de 14 de julio de 1987

BOE nº 199, de 20 de agosto de 1982

Legislación CITES de aplicación

- Real Decreto 1739/97, de 20 de noviembre de 1997, sobre medidas de aplicación del Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES), hecho en Washington el 3 de marzo de 1973, y del Reglamento (CE) 338/97 del Consejo, de 9 de diciembre de 1996, relativo a la protección de especies de la fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio. **NOTA:** designa la autoridad científica, la autoridad administrativa principal y la autoridad administrativa adicional, así como los controles a realizar por cada una
- Real Decreto 1456/2005, de 2 de diciembre, por el que se regulan las Direcciones Territoriales y Provinciales de Comercio
- Real Decreto 1333/2006, de 21 de noviembre, por el que se regula el destino de los especímenes decomisados de las especies amenazadas de fauna y flora silvestres protegidas mediante el control de su comercio

Instrumentos de adhesión al Convenio CITES

- Instrumento de adhesión de España, de 16 de mayo de 1986, al Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).
- Instrumento de Aceptación de la Enmienda al artículo XXI de la Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre (Washington 3 de marzo de 1973), adoptada en Gaborone el 30 de abril de 1983, publicado en el BOE 270 de 11/11/2013.

Otras disposiciones relacionadas con el Convenio CITES

- Resolución de 5 de mayo de 1998, de la Dirección General de Comercio Exterior, por la que se designan los Centros y Unidades de Asistencia Técnica e Inspección de Comercio Exterior (SOIVRE) habilitados para la emisión de los permisos y certificados contemplados en el Reglamento (CE) 338/97 del Consejo, de 9 de diciembre de 1996, relativo a la protección de especies de fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio, y se establece el modelo de “documento de inspección de especies protegidas”
- Disposición adicional segunda de la Ley 32/2007, de 7 de noviembre, para el cuidado de los animales, en su explotación, transporte, experimentación y sacrificio. **NOTA:** establece las tasas por la gestión y tramitación de permisos y certificados CITES.

Normativa comunitaria

Directivas

Red Natura 2000

- Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de noviembre de 2009 relativa a la conservación de las aves silvestres
- Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (Hábitats)

Listados aprobados de lugares de interés comunitario (LIC)

- Lista LIC de la región Macaronésica II
- Lista LIC de la región Alpina V
- Lista LIC de la región Atlántica V
- Lista LIC de la región Mediterránea V

Directiva 1999/105/CE del Consejo de 22 de diciembre de 1999 sobre la comercialización de materiales forestales de reproducción

Reglamentos

- Reglamento UE nº 750/2013, de 29 de julio de 2013, que modifica el Reglamento (CE) nº 338/97 del Consejo, relativo a la protección de especies de la fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio
- Reglamento de Ejecución (UE) 578/2013 de la Comisión, de 17 de junio de 2013, por el que se suspende la introducción en la Unión de especímenes de determinadas especies de fauna y flora silvestres (publicado en el DOL nº 169 de 21/06/2013). **NOTA:** contiene las especies cuya importación en la UE está prohibida en la actualidad.
- Reglamento CE 142/2011 de la Comisión de 25 de febrero por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) nº 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano, y la Directiva 97/78/CE del Consejo en cuanto a determinadas muestras y unidades exentas de los controles veterinarios en la frontera en virtud de la misma
- Reglamento CE 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano y por el que se deroga el Reglamento (CE) nº 1774/2002 (Reglamento SANDACH)
- Reglamento CE 1107/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 relativo a la comercialización de productos fitosanitarios y por el que se derogan las Directivas 79/117/CEE y 91/414/CEE del Consejo
- Reglamento (CE) 398/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, que modifica el Reglamento (CE) 338/97 del Consejo relativo a la protección de especies de la fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio en lo relativo a las competencias de ejecución atribuidas a la Comisión
- Reglamento (CE) No 1024/2008 de la Comisión de 17 de octubre de 2008, por el que se establecen las normas de desarrollo del Reglamento (CE) nº 2173/2005 del Consejo, relativo al establecimiento de un sistema de licencias FLEGT aplicable a las importaciones de madera en la Comunidad Europea
- Reglamento (CE) 865/2006 de la Comisión, de 4 de mayo de 2006, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) 338/97 del Consejo relativo a la protección de especies de la fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio
- Reglamento (CE) Nº 2301/2002 de la Comisión de 20 de diciembre de 2002 por el que se establecen las disposiciones de aplicación de la Directiva 1999/105/CE del Consejo en lo que atañe a la definición de pequeñas cantidades de semillas
- Reglamento (CE) 338/97 del Consejo, de 9 de diciembre de 1996, relativo a la protección de especies de la fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio

Comunicaciones

- Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo de 29 de mayo de 1995 sobre el uso prudente y la conservación de los humedales
- Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo: “Aplicación de las leyes, gobernanza y comercio forestales (Flegt)”. Propuesta de Plan de Acción de la Unión Europea (Com (2003) 251 Final)
- Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Estrategia de la UE sobre la biodiversidad hasta 2020: nuestro seguro de vida y capital natural

Normativa internacional

Convenios internacionales suscritos por España

CITES

- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)
- Apéndices I, II y III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)

Convenio de Barcelona

- Convenio de Barcelona
- Enmiendas a los Anexos II y III del Protocolo sobre zonas especialmente protegidas y la diversidad biológica en el Mediterráneo («BOE 302, de 18 de diciembre de 1999»)

Convenio de Berna

- Convenio relativo a la conservación de la vida silvestre y del medio natural en Europa (Berna)
- Anexos del Convenio de Berna
- Anexo I: Especies de flora estrictamente protegidas
- Anexo II: Especies de fauna estrictamente protegidas
- Anexo III: Especies de fauna protegida cuya explotación puede ser objeto de medidas de gestión
- Anexo IV Berna. Medios y métodos prohibidos de muerte y captura y otras formas de explotación

Convenio de Bonn

- Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres CMS
- Apéndices I y II CMS
- Acuerdos
- Acuerdo sobre la conservación de los cetáceos del Mar Negro, el Mar Mediterráneo y la zona atlántica contigua (ACCOBAMS)
- Acuerdo sobre la conservación de las aves acuáticas migratorias afroeurasiáticas (AEWA)
- Acuerdo para la conservación de albatros y petreles (ACAP)

Convenio sobre la Diversidad Biológica CDB

- Texto del Convenio
- Protocolo de Nagoya

Convenio OSPAR

- Convenio OSPAR
- Lista especies-hábitats amenazadas

Convenio de Ramsar

- Convenio Ramsar

Lucha contra la Desertificación

- Convención de las Naciones Unidas para la lucha contra la desertificación

Maderas tropicales

- Convenio Internacional de las Maderas Tropicales

APÉNDICE V. Clasificación de los subproductos animales y los productos derivados.

En esta relación se han recopilado los materiales en tres categorías establecidas en función del grado de riesgo y definidas en los artículos 7, 8, 9, 10, del reglamento (CE) No 1069/2009, detallando la forma de transformación y las condiciones para su utilización o eliminación (concretadas en los artículos 12, 13 y 14).

Artículo 8. Material de la categoría 1

- a) Los cuerpos enteros, o cualquiera de sus partes, incluidas las pieles, de los animales siguientes:
 - 1.-Los animales sospechosos de estar infectados por una EET de acuerdo con el Reglamento (CE) no 999/2001 o en los que se haya confirmado oficialmente la presencia de una EET,
 - 2.-Los animales sacrificados en aplicación de medidas de erradicación de EET,
 - 3.-Los animales distintos de animales de granja y de animales salvajes, incluidos, en particular, los animales de compañía y los animales de los zoológicos y los circos,
 - 4.-Los animales utilizados para experimentos, tal como se definen en el artículo 2, letra d), de la Directiva 86/609/CEE, sin perjuicio del artículo 3, apartado 2, del Reglamento (CE) no 1831/2003,
 - 5.-Los animales salvajes, cuando se sospeche que están infectados con enfermedades transmisibles a los seres humanos o los animales;
- b) Los materiales siguientes:
 - 1.-El material especificado de riesgo,
 - 2.-Los cuerpos enteros o partes de animales muertos que contengan material especificado de riesgo en el momento de la eliminación;
- c) Los subproductos animales derivados de animales que se hayan sometido a un tratamiento ilegal, tal como se define en el artículo 1, apartado 2, letra d), de la Directiva 96/22/CE o el artículo 2, letra b), de la Directiva 96/23/CE;
- d) Los subproductos animales que contengan residuos de otras sustancias y contaminantes medioambientales enumerados en el grupo B(3) del anexo I de la Directiva 96/23/CE, si el nivel de dichos residuos es superior al nivel permitido fijado en la legislación comunitaria o, en su defecto, en la legislación nacional;
- e) Los subproductos animales recogidos durante el tratamiento de aguas residuales mediante la aplicación de las normas adoptadas con arreglo al artículo 27, párrafo primero, letra c),
 - 1.-De establecimientos o plantas que procesen material de la categoría 1, o
 - 2.-De otros establecimientos o plantas en donde se retira el material especificado de riesgo;
- f) Los residuos de cocina procedentes de medios de transporte que operen a escala internacional;
- g) Las mezclas de material de la categoría 1 con material de la categoría 2, con material de la categoría 3 o con ambos.

Artículo 9. Material de la categoría 2

- a) El estiércol, el guano no mineralizado y el contenido del tubo digestivo;
- b) Los subproductos animales recogidos durante el tratamiento de aguas residuales mediante la aplicación de las normas adoptadas con arreglo al artículo 27, párrafo primero, letra c),
 - 1.-De establecimientos o plantas que procesen material de la categoría 2, o
 - 2.-De mataderos distintos de los cubiertos por el artículo 8, letra e);
- c) Los subproductos animales que contengan residuos de sustancias autorizadas o de contaminantes que sobrepasen los niveles autorizados mencionados en el artículo 15, apartado 3, de la Directiva 96/23/CE;
- d) Los productos de origen animal que hayan sido declarados no aptos para el consumo humano debido a la presencia en ellos de cuerpos extraños;
- e) Los productos de origen animal distintos del material de la categoría 1:
 - 1.-Importados o introducidos desde un tercer país que no cumplan los requisitos de la legislación veterinaria comunitaria para su importación o introducción en la Comunidad, salvo si la legislación comunitaria permite su importación o introducción con restricciones específicas o su devolución al tercer país, o
 - 2.- Enviados a otro Estado miembro que no cumplan los requisitos establecidos o permitidos por la legislación comunitaria, salvo si se devuelven con la autorización de la autoridad competente responsable del Estado miembro de origen;
- f) Los animales y partes de animales, distintos de los contemplados en los artículos 8 o 10,
 - 1.-Que murieron sin que hayan sido sacrificados o matados para el consumo humano, con inclusión de los animales matados para el control de enfermedades,
 - 2.-los fetos,
 - 3.-Los oocitos, los embriones y el esperma no destinados a la reproducción, y
 - 4.-Las aves de corral muertas en el huevo;
- g) Las mezclas de material de la categoría 2 con material de la categoría 3;
- h) Los subproductos animales distintos del material de la categoría 1 o la categoría 3.

Artículo 10. Material de la categoría 3

El material de la categoría 3 incluirá los subproductos animales siguientes:

- a) las canales y partes de animales sacrificados, o bien los cuerpos o partes de animales matados, en el caso de animales de caza, que sean aptos para el consumo humano con arreglo a la legislación comunitaria pero no se destinen a ese fin por motivos comerciales;
- b) Las canales y las siguientes partes de animales sacrificados en un matadero y considerados aptos para el consumo humano a raíz de una inspección ante mortem o los cuerpos y las siguientes partes de animales de caza matados para el consumo humano de conformidad con la legislación comunitaria:
- 1.-Las canales o los cuerpos y partes de animales declarados no aptos para el consumo humano de acuerdo con la legislación comunitaria pero que no muestren ningún signo de enfermedad transmisible a los seres humanos o los animales,
 - 2.-Las cabezas de aves de corral,
 - 3.-Las pieles, incluidos los recortes y la piel dividida, los cuernos y los pies, incluidas las falanges y los huesos del carpo y metacarpo, y los huesos del tarso y metatarso, de:
 - los animales distintos de rumiantes que precisen pruebas de diagnóstico de EET, así como
 - los rumiantes que hayan sido sometidos a pruebas de diagnóstico con resultado negativo de conformidad con el artículo 6, apartado 1, del Reglamento (CE) no 999/2001,
 - 4.-Las cerdas,
 - 5.-Las plumas;
- c) Los subproductos animales de aves de corral y lagomorfos sacrificados en la explotación de conformidad con el artículo 1, apartado 3, letra d), del Reglamento (CE) no 853/2004, que no presenten signos de enfermedad transmisible a los seres humanos o los animales;
- d) La sangre de animales que no presentaban ningún signo de enfermedad transmisible a través de la sangre a los seres humanos o los animales, obtenida de los siguientes animales que hayan sido sacrificados en un matadero después de haber sido considerados aptos para el sacrificio para el consumo humano a raíz de una inspección ante mortem de conformidad con la legislación comunitaria:
- 1.-Animales distintos de rumiantes que precisen pruebas de diagnóstico de EET, y
 - 2.-Rumiantes sometidos a pruebas de diagnóstico con resultado negativo de conformidad con el artículo 6, apartado 1, del Reglamento (CE) no 999/2001;
- e) Los subproductos animales generados en la elaboración de productos destinados al consumo humano, incluidos los huesos desgrasados, los chicharrones y los lodos de centrifugado o de separación resultantes de la elaboración de productos lácteos;
- f) Los productos de origen animal o los productos alimenticios que contengan productos de origen animal que ya no estén destinados al consumo humano por motivos comerciales, problemas de fabricación, defectos de envasado u otros defectos que no conlleven ningún riesgo para la salud pública o la salud animal;
- g) Los alimentos para animales de compañía y los piensos de origen animal, o los piensos que contengan subproductos animales o productos derivados que ya no estén destinados a la alimentación animal por motivos comerciales o problemas de fabricación, defectos de envasado u otros defectos que no conlleven ningún riesgo para la salud pública o la salud animal;
- h) La sangre, la placenta, la lana, las plumas, el pelo, los cuernos, los recortes de cascos, uñas o pezuñas y la leche cruda de animales vivos que no presenten ningún signo de enfermedad transmisible a través de esos productos a los seres humanos o los animales;
- i) Los animales acuáticos y partes de los mismos, salvo los mamíferos marinos, que no muestren ningún signo de enfermedades transmisibles a los seres humanos o los animales;
- j) Los subproductos animales de animales acuáticos procedentes de establecimientos o plantas que fabriquen productos para el consumo humano;
- k) El siguiente material de animales que no presenten ningún signo de una enfermedad transmisible a los seres humanos o los animales a través de dicho material:
- 1.- Conchas de moluscos despojadas del tejido blando o la carne,
 - 2.- Los siguientes productos de animales terrestres:
 - Los subproductos de incubadoras,
 - Los huevos,
 - Los subproductos de los huevos, incluidas las cáscaras,
 - 3.- Los pollitos de un día sacrificados por razones comerciales;
- l) Los invertebrados acuáticos y terrestres, salvo los de especies patógenas para los seres humanos o los animales;
- m) Los animales y sus partes de los órdenes zoológicos Rodentia y Lagomorpha, salvo el material de la categoría 1 a que se refiere el artículo 8, letra a), incisos iii), iv) y v), y el material de la categoría 2 mencionado en el artículo 9, letras a) a g);
- n) Las pieles, los cascos, uñas o pezuñas, las plumas, la lana, los cuernos y el pelo de animales muertos que no presenten ningún signo de enfermedad transmisible a través de esos productos a los seres humanos o los animales, distintos de los citados en la letra b) del presente artículo;
- o) El tejido adiposo de animales que no presentaban ningún signo de enfermedad transmisible a través de dicho material a los seres humanos o los animales, que fueron sacrificados en un matadero y que fueron considerados aptos para ser sacrificados para consumo humano tras una inspección ante mortem con arreglo a la legislación nacional;
- p) Los residuos de cocina distintos de los contemplados en el artículo 8, letra f).

APÉNDICE VI. Documentación del MNCN para transporte de muestras y Reglamentación de la IATA



MINISTERIO
DE ECONOMÍA Y
COMPETITIVIDAD

CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES. CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
C/ José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid. España
att: Isabel Rey Fraile, e-mail isabel.rey@csic.es, Tel.: 34 91 4111328 Ext.: 1242; Fax: 34915645078

Shipping documentation

“scientific research specimens, not restricted, special provision A180 applies”

This package contains animal tissues (p.e. fishes or frogs) for molecular research for scientific research, which were originally preserved in 70 % ethyl alcohol solution; these specimens are not infectious due to the original preservation technique. The package contains no endangered species (for Latin species names refer to included loan agreement). The specimens packed are on loan for biodiversity (morphological / taxonomical) research and legally belong to Spain; no commercial value, not for resale.

HS-Code: **9705.00** (Collections of zoological/botanical/mineralogical/archaeological/paleontological interest)
Declared Value: **0.50 US \$** (debería oscilar entre: 5-10 € / US\$)

.....
XXXX Firma (mejor usando tinta azul o sello oficial), añadir una copia dentro del paquete

Importante

Inspectores postales: Este paquete contiene, muestras de tejidos animales fijados o ADN conservados para la investigación científica. Le agradecemos mucho por tener buen cuidado de este importante recurso.

Important

Postal inspectors: This package contains preserved tissue sample or DNA for scientific research. We thank you very much for taking good care of this important resource.

Très important

Précautions à Prendre à l'inspection postale: Ce colis contient des échantillons de tissu fixés ou l'ADN dans un produit de conservation et destinés à des études scientifiques. Nous vous en remercions beaucoup d'avoir pris soin de cette importante ressource.

Wichtig

Sendungskontrolle: Dieses Paket enthält, konservierte Gewebeproben und DNA für wissenschaftliche Zwecke ohne irgendeinen kommerziellen Wert. Haben Sie vielen Dank für Ihre Bemühungen und Sorgfalt mit diesem wichtigen Material.

Non-CITES specimens or Include certificate of Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, Institution CITES of Spain – N°: XXXX or Technical authority for the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, Institutional CITES – No. DE 202-03 (si se tiene número CITES)
Customs number of xxx DE44 20 667
HS-Code: 9705.00 (Collections of zoological/botanical/ mineralogical/archaeological/paleontological interest)

For your Attention: Include this legal document **ACCESSIBLE** on the **OUTSIDE** of your **SHIPMENT** when returning this loan !

Regulaciones de la IATA



Identification

evolution fo heat must be prepared for transport so as to prevent:

- (a) a short circuit (e.g. in the case of batteries by the effective insulation of exposed terminals; or in the case of equipment, by disconnection of the battery and protection of exposed terminals); and
- (b) unintentional activation.

△ **A165** This entry may only be used if the results of Test Series 6(d) of Part I of the UN Manual of Tests and Criteria have demonstrated that any hazardous effects arising from functioning are confined within the package (see 3.1.4.3).

□ **A166** (343) This entry applies to crude oil containing hydrogen sulphide in sufficient concentration that vapours evolved from the crude oil can present an inhalation hazard. The packing group assigned must be determined by the flammability hazard and inhalation hazard, in accordance with the degree of danger presented.

□ **A167** (344) The provisions of 6.4.4 must be met.

□ **A168** Not used.

□ **A169** (349) Mixtures of a hypochlorite with an ammonium salt are forbidden for transport. UN 1791 Hypochlorite solution is a substance of Class 8.

□ **A170** (350) Ammonium bromate and its aqueous solutions and mixtures of a bromate with an ammonium salt are forbidden for transport.

□ **A171** (351) Ammonium chlorate and its aqueous solutions and mixtures of a chlorate with an ammonium salt are forbidden for transport.

□ **A172** (352) Ammonium chlorite and its aqueous solutions and mixtures of a chlorite with an ammonium salt are forbidden for transport.

□ **A173** (353) Ammonium permanganate and its aqueous solutions and mixtures of a permanganate with an ammonium salt are forbidden for transport.

□ **A174** (354) This substance is toxic by inhalation.

□ **A175** (355) Oxygen cylinders for emergency use transported under this entry may include installed actuating cartridges (cartridges, power device of Division 1.4, Compatibility Group C or S), without changing the classification of Division 2.2 provided the total quantity of deflagrating (propellant) explosives does not exceed 3.2 g per oxygen cylinder. The cylinders with the installed actuating cartridges as prepared for transport must have an effective means of preventing inadvertent activation.

□ **A176** (356) Metal hydride storage system(s) installed in conveyances or in completed conveyance components or intended to be installed in conveyances must be approved by the appropriate national authority before acceptance for transport. The Shipper's Declaration must include an indication that the package was approved by the appropriate national authority or a copy of the approval must accompany each consignment.

□ **A177** (357) Petroleum crude oil containing hydrogen sulphide in sufficient concentration that vapours evolved from the crude oil can present an inhalation hazard must be consigned under the entry UN 3494 Petroleum sour crude oil, flammable, toxic.

□ **A178** Security type equipment such as attaché cases, cash boxes, cash bags, etc., incorporating dangerous goods, for example lithium batteries, gas cartridges and/or pyrotechnic material, are not subject to these Regulations if the equipment complies with the following:

(a) the equipment must be equipped with an effective means of preventing accidental activation;

(b) if the equipment contains an explosive or pyrotechnic substance or an explosive article, this article or substance must be excluded from Class 1 by the appropriate national authority of the State of Manufacture in compliance with 3.1.7.1;

(c) if the equipment contains lithium cells or batteries, these cells or batteries must comply with the following restrictions:

1. for a lithium metal cell, the lithium content is not more than 1 g;
2. for a lithium metal or lithium alloy battery, the aggregate lithium content is not more than 2 g;
3. for lithium ion cells, the Watt-hour rating is not more than 20 Wh;
4. for lithium ion batteries, the Watt-hour rating is not more than 100 Wh;
5. each cell or battery is of the type proven to meet the requirements of each test in the UN Manual of Tests and Criteria, Part III, section 38.3;

(d) if the equipment contains gases to expel dye or ink, only gas cartridges and receptacles, small, containing gas with a capacity not exceeding 50 mL, containing no constituents subject to these Regulations other than a Division 2.2 gas, are allowed. The release of gas must not cause extreme annoyance or discomfort to crew members so as to prevent the correct performance of assigned duties. In case of accidental activation all hazardous effects must be confined within the equipment and must not produce extreme noise.

(e) security type equipment that is defective or that has been damaged is forbidden for transport.

The words "not restricted" and the special provision number must be included in the description of the substance on the Air Waybill as required by 8.2.6, when an Air Waybill is issued.

□ **A179** For UN 3077, irrespective of the maximum net quantities specified in Columns J and L of Table 4.2, intermediate bulk containers (IBCs) with a maximum net quantity not exceeding 1 000 kg are permitted in accordance with Packing Instruction 956.

□ **A180** Non-infectious specimens, such as specimens of mammals, birds, amphibians, reptiles, fish, insects and other invertebrates containing small quantities of UN 1170, UN 1198, UN 1987, or UN 1219 are not subject to these Regulations provided the following packing and marking requirements are met:

(a) specimens are:

1. wrapped in paper towel and/or cheesecloth moistened with alcohol or an alcohol solution and then placed in a plastic bag that is heat-sealed. Any free liquid in the bag must not exceed 30 mL; or

4

A164
to
A180

2. placed in vials or other rigid containers with no more than 30 mL of alcohol or an alcohol solution;
 - (b) the prepared specimens are then placed in a plastic bag that is then heat-sealed;
 - (c) the bagged specimens are then placed inside a another plastic bag with absorbent material then heat sealed;
 - (d) the finished bag is then placed in a strong outer packaging with suitable cushioning material;
 - (e) the total quantity of flammable liquid per outer packaging must not exceed 1 L; and
 - (f) the completed package is marked "scientific research specimens, not restricted Special Provision A180 applies".
- The words "not restricted" and the special provision number A180 must be included in the description of the substance on the Air Waybill as required by 8.2.6, when an Air Waybill is issued.
- **A181** When a package contains a combination of lithium batteries contained in equipment and lithium batteries packed with equipment, the package must be marked UN 3091 Lithium metal batteries packed with equipment, or UN 3481 Lithium ion batteries packed with equipment as appropriate. If a package contains both lithium ion batteries and lithium metal batteries, the package must be marked as required for both battery types. However, button cell batteries installed in equipment (including circuit boards) need not be considered.
- **A182** Equipment containing only lithium batteries must be classified as either UN 3091 or UN 3481.
- **A183** Waste batteries and batteries being shipped for recycling or disposal are prohibited from air transport unless approved by the appropriate national authority of the State of Origin and the State of the Operator.
- A202** For the purposes of providing life support for aquatic animals during transport, the appropriate authorities of the States of origin, destination and of the operator may approve the carriage of a cylinder containing **Oxygen compressed**, UN 1072, with the valves open to supply a controlled quantity of oxygen through a regulator into water containing the aquatic animals. The cylinder or cylinder valve must be fitted with a self-sealing device to prevent uncontrolled release of oxygen should the regulator malfunction or be broken or damaged. The oxygen cylinder must meet those parts of Packing Instruction 200 that apply, except for the need for valves to be closed. In addition, the following conditions apply as a minimum:
- (a) the water container with the attached oxygen cylinder must be designed and constructed to withstand all anticipated loads;
 - (b) the water container with the oxygen supply operating must be tilt-tested at an angle of 45° in four directions from the upright, for a minimum duration of 10 minutes in each direction, without leakage of water;
 - (c) the oxygen cylinder and regulator must be restrained and protected within the equipment;
 - (d) the oxygen regulator used must have a maximum flow rate of not more than 5 L per minute;
 - (e) the oxygen flow rate to the container must be limited to that sufficient to provide life support to the aquatic animals;
 - (f) the quantity of oxygen provided must not exceed 150% of the oxygen required for the normal duration of air transport; and
 - (g) only one cylinder may be carried for each 15 m³ of gross cargo hold volume. Under no circumstances may the rate of oxygen flow from the cylinder exceed 1 L per minute per 5 m³ of gross cargo hold volume.
- A224** For the purpose of transporting a symbolic flame, the appropriate authority of the States of origin, of destination and of the operator may approve the carriage of lamps fuelled by UN 1223 — **Kerosene**, or UN 3295 — **Hydrocarbons, liquid, n.o.s.**, carried by a passenger as carry on baggage only.
- Lamps must be of a "Davy" type or similar apparatus. In addition, the following conditions apply as a minimum:
- (a) no more than four lamps may be carried on board the aircraft;
 - (b) lamps may contain no more fuel than the quantity adequate for the duration of the flight and the fuel must be contained in a leakproof reservoir;
 - (c) lamps must be adequately secured;
 - (d) whilst on board the aircraft, the lamps must be under the constant supervision of an accompanying person, who must not be a member of the operating crew;
 - (e) lamps may be lit by the accompanying person, but must not be refilled on board the aircraft;
 - (f) at least one fire extinguisher must be kept within reach of the accompanying person at all times. The accompanying person must be trained in the use of the extinguisher;
 - (g) the crew members of the aircraft must be given a verbal briefing about the carriage of the lamps and the pilot-in-command must be provided with a copy of the approval; and
 - (h) 9.5.1.1(b), c), e), 9.5.1.2, 9.5.1.3 and 9.6.1 of these Regulations must apply.
- A801** A technical name is not needed for this entry if it is a controlled substance and a national law or international Convention prohibits its disclosure (see 4.1.2.1(d)).

⊗



Dangerous Goods Regulations

UN/ ID no.	Proper Shipping Name/Description	Class or Div. (Sub Risk)	Hazard Label(s)	PG	Passenger and Cargo Aircraft				Cargo Aircraft Only				S.P. see 4.4	ERG Code	
					EQ see 2.6	Ltd Qty		Pkg Inst	Max Net Qty/Pkg	Pkg Inst	Max Net Qty/Pkg	Pkg Inst			Max Net Qty/Pkg
						F	G								
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
0331	Agent, blasting type B †	1.5D				Forbidden		Forbidden		Forbidden			1L		
0332	Agent, blasting type E †	1.5D				Forbidden		Forbidden		Forbidden			1L		
0503	Air bag inflators †	1.4G	Explosive 1.4		E0	Forbidden		Forbidden		135	75 kg	A32 A56	1L		
3268	Air bag inflators †	9	Miscellaneous	III	E0	Forbidden		961	25 kg	961	100 kg	A32 A115 A119	9L		
0503	Air bag modules †	1.4G	Explosive 1.4		E0	Forbidden		Forbidden		135	75 kg	A32 A56	1L		
3268	Air bag modules †	9	Miscellaneous	III	E0	Forbidden		961	25 kg	961	100 kg	A32 A115 A119	9L		
1002	Air, compressed Aircraft, see Vehicle, flammable gas powered † (UN 3166) or Vehicle, flammable liquid powered † (UN 3166) Aircraft engines, see Engine, internal combustion, flammable liquid powered † (UN 3166) Aircraft engines (including turbines), see Engine, internal combustion, flammable gas powered † (UN 3166) or Engine, internal combustion, flammable liquid powered † (UN 3166) Aircraft evacuation slides, see Life-saving appliances, self-inflating (UN 2990)	2.2	Non-flamm. gas		E1	Forbidden		200	75 kg	200	150 kg		2L		
3165	Aircraft hydraulic power unit fuel tank (containing a mixture of anhydrous hydrazine and methyl hydrazine) (M86 fuel) Aircraft survival kits, see Life-saving appliances, self-inflating (UN 2990) or Life-saving appliances, not self-inflating (UN 3072)	3 (6.1, 8)	Flamm. liquid & Toxic & Corrosive	I	E0	Forbidden		Forbidden		372	42 L	A1 A48	3CP		
1003	Air, refrigerated liquid	2.2 (5.1)	Non-flamm. gas & Cryogenic liquid & Oxidizer		E0	Forbidden		Forbidden		202	150 kg	A1	2X		
3274	Alcoholates solution, n.o.s. ★ in alcohol Alcohol, denatured, see Alcohols, flammable, toxic, n.o.s. ★ (UN 1986) or Alcohols, n.o.s. ★ (UN 1987)	3 (8)	Flamm. liquid & Corrosive	II	E2	Y340	0.5 L	352	1 L	363	5 L		3C		
3065	Alcoholic beverages containing 70% or less but more than 24% of alcohol by volume, in receptacles, each having capacities of more than 5 Litres	3	Flamm. liquid	III	E1	Y344	10 L	355	60 L	366	220 L	A9 A58	3L		
3065	Alcoholic beverages containing more than 70% alcohol by volume Alcoholic beverages, containing 24% or less alcohol by volume Alcoholic beverages, containing 70% or less alcohol by volume, in receptacles, each having capacities of 5 Litres or less Alcohol, industrial, see Alcohols, flammable, toxic, n.o.s. ★ (UN 1986) or Alcohols, n.o.s. ★ (UN 1987)	3	Flamm. liquid	II	E2	Y341	1 L	353	5 L	364	60 L		3L		
1987	Alcohols, n.o.s. ★	3	Flamm. liquid	II III	E2 E1	Y341 Y344	1 L 10 L	353 355	5 L 60 L	364 366	60 L 220 L	A3 A180	3L 3L		

52nd EDITION, 1 JANUARY 2011



Dangerous Goods Regulations

UN/ ID no.	Proper Shipping Name/Description	Class or Div. (Sub Risk)	Hazard Label(s)	PG	Passenger and Cargo Aircraft						Cargo Aircraft Only		S.P. see 4.4	ERG Code	
					EQ see 2.6	Ltd Qty		Pkg Inst	Max Net Qty/Pkg	Pkg Inst	Max Net Qty/Pkg	Pkg Inst			Max Net Qty/Pkg
						G	H								
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
1035	Ethane	2.1	Flamm. gas		E0	Forbidden		Forbidden		200	150 kg	A1	10L		
1961	Ethane, refrigerated liquid	2.1				Forbidden		Forbidden		Forbidden			10L		
	Ethanethiol, see Ethyl mercaptan (UN 2363)														
1170	Ethanol	3	Flamm. liquid	II III	E2 E1	Y341 Y344	1 L 10 L	353 355	5 L 60 L	364 366	60 L 220 L	A3 A58 A180	3L 3L		
2491	Ethanolamine	8	Corrosive	III	E1	Y841	1 L	852	5 L	856	60 L	A3	8L		
	Ethanol amine dinitrate					Forbidden		Forbidden		Forbidden					
2491	Ethanolamine solution	8	Corrosive	III	E1	Y841	1 L	852	5 L	856	60 L	A3	8L		
3475	Ethanol and gasoline mixture with more than 10% ethanol	3	Flamm. liquid	II	E2	Y341	1 L	353	5 L	364	60 L	A156	3L		
3475	Ethanol and motor spirit mixture with more than 10% ethanol	3	Flamm. liquid	II	E2	Y341	1 L	353	5 L	364	60 L	A156	3L		
3475	Ethanol and petrol mixture with more than 10% ethanol	3	Flamm. liquid	II	E2	Y341	1 L	353	5 L	364	60 L	A156	3L		
	Ethanol aqueous solutions containing 24% or less alcohol by volume					Not Restricted		Not Restricted		Not Restricted					
1170	Ethanol solution	3	Flamm. liquid	II III	E2 E1	Y341 Y344	1 L 10 L	353 355	5 L 60 L	364 366	60 L 220 L	A3 A58 A180	3L 3L		
	Ether, see Diethyl ether (UN 1155)														
	Ether acetate, see Ethylene glycol monoethyl ether acetate (UN 1172)														
	Ether, ethyl, see Diethyl ether (UN 1155)														
3271	Ethers, n.o.s. *	3	Flamm. liquid	II III	E2 E1	Y341 Y344	1 L 10 L	353 355	5 L 60 L	364 366	60 L 220 L	A3	3L 3L		
	2-Ethoxyethanol, see Ethylene glycol monoethyl ether (UN 1171)														
	2-Ethoxyethyl acetate, see Ethylene glycol monoethyl ether acetate (UN 1172)														
	Ethoxypropane-1, see Ethyl propyl ether (UN 2615)														
1173	Ethyl acetate	3	Flamm. liquid	II	E2	Y341	1 L	353	5 L	364	60 L		3L		
2452	Ethylacetylene, stabilized	2.1	Flamm. gas	E0		Forbidden		Forbidden		200	150 kg	A1	10L		
	Ethylacetylene, unstabilized					Forbidden		Forbidden		Forbidden					
1917	Ethyl acrylate, stabilized	3	Flamm. liquid	II	E2	Y341	1 L	353	5 L	364	60 L		3L		
	Ethyl acrylate, unstabilized					Forbidden		Forbidden		Forbidden					
1170	Ethyl alcohol	3	Flamm. liquid	II III	E2 E1	Y341 Y344	1 L 10 L	353 355	5 L 60 L	364 366	60 L 220 L	A3 A58 A180	3L 3L		
1170	Ethyl alcohol solution	3	Flamm. liquid	II III	E2 E1	Y341 Y344	1 L 10 L	353 355	5 L 60 L	364 366	60 L 220 L	A3 A58 A180	3L 3L		
	Ethyl aldehyde, see Acetaldehyde (UN 1089)														
1036	Ethylamine	2.1	Flamm. gas		E0	Forbidden		Forbidden		200	150 kg	A1	10L		
2270	Ethylamine, aqueous solution with 50% or more but not more than 70% ethylamine	3 (8)	Flamm. liquid & Corrosive	II	E2	Y340	0.5 L	352	1 L	363	5 L		3CH		

212

52nd EDITION, 1 JANUARY 2011
FOR EXPLANATION OF THE ABBREVIATIONS AND SYMBOLS, SEE APPENDIX B.



Dangerous Goods Regulations

UN/ ID no.	Proper Shipping Name/Description	Class or Div. (Sub Risk)	Hazard Label(s)	PG	Passenger and Cargo Aircraft						Cargo Aircraft Only		S.P. see 4.4	ERG Code	
					EQ see 2.6	Ltd Qty		Pkg Inst	Max Net Qty/Pkg	Pkg Inst	Max Net Qty/Pkg	Pkg Inst			Max Net Qty/Pkg
						Pkg Inst	Max Net Qty/Pkg								
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
2388	Fluorotoluenes	3	Flamm. liquid	II	E2	Y341	1 L	353	5 L	364	60 L		3L		
2209	Formaldehyde solution with not less than 25% formaldehyde	8	Corrosive	III	E1	Y841	1 L	852	5 L	856	60 L		8I		
1198	Formaldehyde solution, flammable	3 (8)	Flamm. liquid & Corrosive	III	E1	Y342	1 L	354	5 L	365	60 L	A180	3CI		
F	Formaldehyde solution with ≥ 10% but < 25% formaldehyde, see Aviation regulated liquid, n.o.s. ★ † (UN 3334)														
	Formalin, see Formaldehyde solution, flammable (UN 1198) or Formaldehyde solution (UN 2209)														
	Formamidine sulphonic acid, see Thiourea dioxide (UN 3341)														
3412	Formic acid with ≥ 10% but ≤ 85% acid by weight	8	Corrosive	II	E2	Y840	0.5 L	851	1 L	855	30 L		8L		
3412	Formic acid with ≥ 5% but < 10% acid by weight	8	Corrosive	III	E1	Y841	1 L	852	5 L	856	60 L		8L		
1779	Formic acid with more than 85% acid by weight	8 (3)	Corrosive & Flamm. liquid	II	E2	Y840	0.5 L	851	1 L	855	30 L		8F		
	Formic aldehyde, see Formaldehyde solution, flammable (UN 1198) or Formaldehyde solution (UN 2209)														
	Formic ether, see Ethyl formate (UN 1190)														
	2-Formyl-3,4-dihydro-2H-pyran, see Acrolein dimer, stabilized (UN 2607)														
△ 0099	Fracturing devices, explosive, † without detonator for oil wells	1.1D				Forbidden		Forbidden		Forbidden		A2	1L		
	Freon, see appropriate chemical name or see listing under the appropriate "Refrigerant gas" proper shipping name														
1863	Fuel, aviation, turbine engine	3	Flamm. liquid	I II III	E3 E2 E1	Forbidden Y341 Y344	Forbidden 1 L 10 L	351 353 365	1 L 5 L 60 L	361 364 366	30 L 60 L 220 L	A3	3L 3L 3L		
△ 3479	Fuel cell cartridges † containing hydrogen in metal hydride	2.1	Flamm. gas		E0	Y215	0.5 kg	215	1 kg	215	15 kg	A146 A162	10L		
△ 3473	Fuel cell cartridges † containing flammable liquids	3	Flamm. liquid		E0	Y374	2.5 kg	374	5 kg	374	50 kg	A146	3L		
3477	Fuel cell cartridges contained in equipment † containing corrosive substances	8	Corrosive		E0	Forbidden		874	5 kg	874	50 kg	A146 A157	8L		
3473	Fuel cell cartridges contained in equipment † containing flammable liquids	3	Flamm. liquid		E0	Forbidden		375	5 kg	375	50 kg	A146	3L		
3479	Fuel cell cartridges contained in equipment † containing hydrogen in metal hydride	2.1	Flamm. gas		E0	Forbidden		216	1 kg	216	15 kg	A146 A162	10L		
3478	Fuel cell cartridges contained in equipment † containing liquefied flammable gas	2.1	Flamm. gas		E0	Forbidden		216	1 kg	216	15 kg	A146 A161	10L		
3476	Fuel cell cartridges contained in equipment † containing water reactive substances	4.3	Dang. when wet		E0	Forbidden		496	5 kg	496	50 kg	A146 A157	4W		
△ 3477	Fuel cell cartridges † containing corrosive substances	8	Corrosive		E0	Y873	2.5 kg	873	5 kg	873	50 kg	A146 A157	8L		
△ 3478	Fuel cell cartridges † containing liquefied flammable gas	2.1	Flamm. gas		E0	Y215	0.5 kg	215	1 kg	215	15 kg	A146 A161	10L		
△ 3476	Fuel cell cartridges † containing water reactive substances	4.3	Dang. when wet		E0	Y495	2.5 kg	495	5 kg	495	50 kg	A146 A157	4W		

52nd EDITION, 1 JANUARY 2011

220

FOR EXPLANATION OF THE ABBREVIATIONS AND SYMBOLS, SEE APPENDIX B.



Identification

UN/ ID no.	Proper Shipping Name/Description	Class or Div. (Sub Risk)	Hazard Label(s)	PG	Passenger and Cargo Aircraft						Cargo Aircraft Only		S.P. see 4.4	ERG Code	
					EQ see 2.6	Ltd Qty		Pkg Inst	Max Net Qty/Pkg	Pkg Inst	Max Net Qty/Pkg	Pkg Inst			Max Net Qty/Pkg
						Pkg Inst	Max Net Qty/Pkg								
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
2371	Isopentenes Isopentylamine, see Amylamine (UN 1106) Isopentyl nitrite, see Amyl nitrite (UN 1113)	3	Flamm. liquid	I	E3	Forbidden		351	1 L	361	30 L		3H		
2289	Isophoronediamine	8	Corrosive	III	E1	Y841	1 L	852	5 L	856	60 L		8L		
2290	Isophorone diisocyanate	6.1	Toxic	III	E1	Y642	2 L	655	60 L	663	220 L		6L		
1218	Isoprene, stabilized Isoprene, unstabilized	3	Flamm. liquid	I	E3	Forbidden		351	1 L	361	30 L		3H		
△ 1219	Isopropanol	3	Flamm. liquid	II	E2	Y341	1 L	353	5 L	364	60 L	A180	3L		
2403	Isopropenyl acetate	3	Flamm. liquid	II	E2	Y341	1 L	353	5 L	364	60 L		3L		
2303	Isopropenylbenzene	3	Flamm. liquid	III	E1	Y344	10 L	355	60 L	366	220 L		3L		
1220	Isopropyl acetate	3	Flamm. liquid	II	E2	Y341	1 L	353	5 L	364	60 L		3L		
1793	Isopropyl acid phosphate	8	Corrosive	III	E1	Y845	5 kg	860	25 kg	864	100 kg		8L		
△ 1219	Isopropyl alcohol	3	Flamm. liquid	II	E2	Y341	1 L	353	5 L	364	60 L	A180	3L		
1221	Isopropylamine	3 (8)	Flamm. liquid & Corrosive	I	E0	Forbidden		350	0.5 L	360	2.5 L		3CH		
1918	Isopropylbenzene Isopropyl bromide, see Bromopropanes (UN 2344) Isopropyl sec-butyl peroxydicarbonate, not more than 52%, with di-sec-butyl peroxydicarbonate, not more than 28%, with di-isopropyl peroxydicarbonate, not more than 22%	3	Flamm. liquid	III	E1	Y344	10 L	355	60 L	366	220 L		3L		
2405	Isopropyl butyrate Isopropyl chloride, see 2-Chloropropane (UN 2356)	3	Flamm. liquid	III	E1	Y344	10 L	355	60 L	366	220 L		3L		
2947	Isopropyl chloroacetate	3	Flamm. liquid	III	E1	Y344	10 L	355	60 L	366	220 L		3L		
2407	Isopropyl chloroformate Isopropyl-alpha-chloropropionate, see Isopropyl 2-chloropropionate (UN 2934)	6.1 (3, 8)				Forbidden		Forbidden		Forbidden		A2	6CF		
2934	Isopropyl 2-chloropropionate Isopropylcumyl hydroperoxide, more than 72% in solution Isopropyl ether, see Diisopropyl ether (UN 1159) Isopropylethylene, see 3-Methyl-1-butene (UN 2561) Isopropyl formate, see Propyl formates (UN 1281)	3	Flamm. liquid	III	E1	Y344	10 L	355	60 L	366	220 L		3L		
2406	Isopropyl isobutyrate	3	Flamm. liquid	II	E2	Y341	1 L	353	5 L	364	60 L		3L		
△ 2483	Isopropyl isocyanate Isopropyl mercaptan, see Propanethiols (UN 2402)	6.1 (3)				Forbidden		Forbidden		Forbidden		A174	6F		
1222	Isopropyl nitrate Isopropyl phosphoric acid, see Isopropyl acid phosphate (UN 1793)	3	Flamm. liquid	II	E2	Y341	1 L	353	5 L	364	60 L		3L		

52nd EDITION, 1 JANUARY 2011
FOR EXPLANATION OF THE ABBREVIATIONS AND SYMBOLS, SEE APPENDIX B.

233

APÉNDICE VII. Autorización para la entrada de material biológico en territorio español.



ANEXO I

MINISTERIO DE AGRICULTURA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

SOLICITUD DE IMPORTACIÓN DE MATERIAL BIOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN

Subdirección General de Acuerdos Sanitarios
y Control en Frontera

SOLICITANTE:

Nombre del laboratorio / Institución científica:
Dirección completa:
Nº Teléfono: Nº Fax: e-mail:
Nivel de contención del laboratorio:
Objetivo de la importación:
Persona responsable del proyecto de investigación:

MERCANCÍA IMPORTADA:

Naturaleza de la mercancía:
Nº de unidades: Forma de presentación:
Método de conservación:
País de origen:
Establecimiento de origen:
P.I.F. de entrada:

COMPROMISO DE UTILIZACIÓN:

D.: D.N.I. nº:

En calidad de: me comprometo a que:

La mercancía objeto de la importación vaya destinada a la investigación y no se comercialice.

La mercancía vaya embalada conforme a las normas de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo, de forma que no sea posible su ruptura y consiguiente contaminación del medio.

La mercancía se traslade directamente a nuestras instalaciones donde una vez realizadas las pruebas pertinentes, el material sobrante se destruirá conforme a la legislación vigente.

En a de de

Fdo.:

RESOLUCIÓN DE LA UNIDAD:

De acuerdo con la información suministrada a esta Subdirección General de Acuerdos Sanitarios y Control en Fronteras, procede / no procede autorizar la importación de la mercancía arriba reseñada.

En a de de

Fdo.:



ANEXO II

MINISTERIO DE AGRICULTURA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

**SOLICITUD DE IMPORTACIÓN DE
MATERIAL BIOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN**

Subdirección General de Sanidad e Higiene Animal y Trazabilidad

SOLICITANTE:

Nombre del laboratorio / Institución científica:
Dirección destinatario:
Ciudad entrada:
Nº Teléfono: Nº Fax: e-mail:
Nivel de contención del laboratorio:
Objetivo de la importación:
Persona responsable del proyecto de investigación:

MERCANCÍA IMPORTADA:

Naturaleza de la mercancía (especie animal de la que procede, en su caso):
.....
Categoría del material según el R(CE) 142/2011 de 21 de octubre de 2009
Nº de unidades: Forma de presentación:
Método de conservación:
País de origen:
Establecimiento de origen:
Dirección del expedidor:
Ciudad salida:

COMPROMISO DE UTILIZACIÓN:

D: D.N.I. nº:
En calidad de: me comprometo a que:
La mercancía objeto de la importación vaya destinada a la investigación y no se comercialice.
La mercancía vaya embalada conforme a las normas de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo,
de forma que no sea posible su ruptura y consiguiente contaminación del medio.
La mercancía se traslade directamente a nuestras instalaciones donde una vez realizadas las pruebas
pertinentes, el material sobrante se destruirá conforme a la legislación vigente.

En a de de

Fdo.:

RESOLUCIÓN DE LA UNIDAD:

De acuerdo con la información suministrada a esta Subdirección General de Sanidad e Higiene Animal y
Trazabilidad, procede / no procede autorizar la importación de la mercancía arriba reseñada.
En Madrid, a de de

Fdo.:

SUBDIRECTOR GENERAL SANIDAD E HIGIENE ANIMAL Y TRAZABILIDAD

APÉNDICE VIII. Formulario para solicitar préstamos con agresión.



MINISTERIO
DE ECONOMÍA Y
COMPETITIVIDAD



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



REQUEST FOR DESTRUCTIVE SAMPLING OF SPECIMENS

RESEARCH PROJECT

Title:

PRINCIPAL RESEARCHER

First and Last Names:
Department/Institution:
Mailing Address:
Telephone:
E-mail:

SAMPLE RECEIPT (if other than the principal Researcher)

First and Last Names:
Department/Institution:
Mailing Address:
Telephone:
E-mail:
Initial date of sample receipt:

TISSUE/DNA REQUESTED

Species:
Sample number:
Tissue type:

APPLICATION JUSTIFICATION

The following reports should be included in your application:

- 1.- Overall objectives of the project ☐
- 2.- Justification for tissues and protocols requested ☐
- 3.- Funding sources for the project ☐
- 4.- Justification and evidence of receiving laboratory's analytical competence ☐

USE CONDITIONS

All loaned material must be stored in proper conditions.

Loans are considered personal and are not transferable by the borrower.

The MNCN loaned samples, their voucher number and acronym (MNCN/ADN) must be cited in any resulting publications and in Genbank accession sheet, or in any other molecular base.

A photocopy (PDF) of the publication and the corresponding Genbank (or any other molecular base) accession number must be remitted to the MNCN as evidence that the analysis has been completed.

In the event of description of new taxa, all type material will be returned except for paratype material that was previously agreed upon.

After concluded the work, all excess tissue and/or excess DNA extracts must be returned carefully packaged and labelled, even if the results are negative. Borrowers must include a statement describing the molecular methods utilized, the extraction date, and the preservation method used. These extracts will be housed in the MNCN Tissue and DNA Collection.

If for some reason the loaned samples were not used for the project they were requested for, they should be properly packaged and returned to the MNCN.

CONDICIONES DE USO

Conservar el material recibido en las condiciones adecuadas.

El préstamo se considera personal e intransferible.

Todos los trabajos (publicaciones, informes, etc.) donde se utilicen las muestras harán referencia al préstamo del MNCN y el acrónimo (MNCN/ADN) y el número de catálogo deberá aparecer en las hojas de depósito de secuencia en Genbank o en cualquier otra base molecular.

Para hacer evidente que el análisis se ha concluido se remitirán a la colección del MNCN una fotocopia (o PDF) de la publicación y el Número de Acceso en Genbank, o en cualquier otra base molecular.

En caso de descripción de nuevos taxones, se devolverá todo el material tipo, salvo acuerdo previo sobre los paratipos.

Después de concluido el trabajo, los remanentes de tejido y extractos de ADN deberán ser devueltos cuidadosamente etiquetados y empaquetados a la Colección de Tejidos y ADN del MNCN, aunque los resultados sean negativos. Se deberán incluir también, la fecha, el método de extracción y los métodos de conservación utilizados.

Si por algún motivo las muestras prestadas no fueran utilizadas para el proyecto que fueron solicitadas deberán ser adecuadamente conservadas y devueltas al MNCN.

Fecha/Date:	
Nombre/Name:	
Dirección y mail/Post & mail address:	
Investigador Principal (Nombre y mail)/ Main Investigator (Name & mail address):	

If you are in agreement with these loan conditions, write your data and return me this document /
Si usted está conforme con estas condiciones de préstamo, escriba sus datos y reenvíeme este documento

APÉNDICE IX. Directrices EDIT para préstamos científicos.



Project no. 018340

Project acronym: EDIT

Project title: Toward the European Distributed Institute of Taxonomy

Instrument: Network of Excellence

Thematic Priority: Sub-Priority 1.1.6.3: "Global Change and Ecosystems"

EDIT principles for research loans between natural history collections

(Original title: C3.1.6 At least one MoU on collection policies proposed to the directors; 1st draft:
EDIT research loan policy for natural history collections)

Due date of deliverable (1st draft): Month 47
Actual submission date (1st draft): Month 45

Start date of project: 01/03/2006

Duration: 5 years

Organisation name of lead contractor for this deliverable: Partner number 7 **NNM**

2nd (revised) version

Project co-funded by the European Commission within the Sixth Framework Programme (2002-2006)		
Dissemination Level ("X" in the relevant box)		
PU	Public	
PP	Restricted to other programme participants (including the Commission Services)	X
RE	Restricted to a group specified by the consortium (including the Commission Services)	
CO	Confidential, only for members of the consortium (including the Commission Services)	

Introduction and aim

The following document was drafted and revised by the EDIT WP3.1 Directors of Collections (DoC) group. It is based on the loan policies of 13 European natural history museums¹ participating within EDIT, prepared by a taskforce within the DoC², and the result of discussions held in three DoC workshops and feedback from DoC member institutions on previous versions. On the basis of international agreements and regulations and general collections policies, the document aims at common principles for research loans within EDIT institutions that will facilitate access to collection material through loans whilst maximising their long term preservation. This is closely aligned with the EDIT aim to develop commonality of policy within an integrated taxonomic facility.

This document covers the loan of both morphological specimens and molecular collections such as frozen tissue and DNA for scientific purposes. It does not cover living collections, libraries and archives, loans for exhibition or loans for commercial purposes.

Background

Loaning specimens or samples whether morphological or molecular has a number of clear benefits to both present and future users of collections:

- allows users to compare material,
- adds value to collections through annotation,
- avoids unnecessary travel.

However movement of loans inevitably puts collections at risk. These risks include:

- damage or loss through poor handling in post,
- confiscation due to failure to comply with changing laws on material transfer etc,
- damage due to irradiation etc on entry to country,
- “professional competition” i.e. individuals borrowing material to prevent others using it,
- damage or loss through lack of clear institutional responsibility.

Policies are designed to minimise these risks while facilitating responsible access. Inevitably through tradition and legal requirements, collections policies vary both between and within institutions and in some cases there are no policies. The Directors of Collections group agreed that there is an urgent need to improve and harmonize loan procedures in order to:

- prevent the loss of and damage to collections,
- guarantee transparency including traceability of collection items i.e. where are they, who is responsible for them, and what are they being used for,
- ensure that collections on loan will be managed to the same quality standards and rules in all institutions,
- encourage alternatives to loans where possible such as:
 - digital images, remote microscopy, etc,
 - subsidized collection visit (e.g. through SYNTHESYS),
 - label information through databases.

¹ MNHN Paris, NHM London, NNM Leiden, ZMA Amsterdam, MfN Berlin, NBG Brussels, RBINS Brussels, RBG Kew, IPAN Krakow, NHN Leiden, SMN Stuttgart, RMCA Tervuren, BGBM Berlin

² René Dekker (NNM Leiden), Michel Guiraud (MNHN Paris), Rob Huxley (NHM London), David Mabberley (RBG Kew) Jackie Mackenzie-Dodds (NHM London) & Christiane Quaiser (MfN Berlin), with input from Clare Valentine & Richard Sabin (NHM London)

Scope of this document

This document is a proposal for common principles for research loans between natural history collections for adoption by the EDIT consortium. After the termination of EDIT this document will be updated and, if necessary, revised before it will undergo again the procedure of adoption by the institutions. In the future it will hopefully expand to an international standard. Furthermore the DoC is working on a more comprehensive document containing guidelines and a model policy for research loans to assist institutions in developing their internal organisational policies.

Definition of terms

Institution

In this context “institution” refers to a museum, botanical garden or university department holding natural history collections that has a common governance. For instance a geological museum, a zoological museum and a herbarium within the same university would be considered as three institutions unless they had a clear, common, overarching management structure for their collections.

Material vs. specimen

Material is a collective term for a set of specimens and any other associated items sent on loan. Specimen relates to a single unit of biological or geological origin with associated data such as provenance, collecting date, collector, etc.

Principle

In this context a principle is an action or way of working that the signatories agree to continue or put in place within an agreed time period.

General policy statements

As a matter of general collections policy the signatory institution is committed to the following:

1. Endeavouring to follow relevant national ethical codes for museums with reference where possible to the ICOM Code of Ethics for Museums.
2. Abiding by all international and national agreements governing the transfer of biodiversity specimens and products such as CBD, CITES and other agreements on access and benefit sharing, e.g. the Bonn Guidelines³.
3. Having collections management policies that will meet the requirements of any agreed European or national accreditation standards wherever possible.
4. Having all systems for storage, managing, and archiving information relating to loan transactions that will comply with agreed standards for the documentation of items e.g. SPECTRUM.
5. Complying where necessary, with dangerous goods regulations (i.e. IATA) governing specialised transportation of material.

³ See <http://www.cbd.int/abs/bonn.shtml>

Key principles

In line with the general principle of maximising access to our collections the institution agrees to the following.

1. All specimens are available for research loan.
 - However, in any circumstances the institution reserves the right to refuse to lend any material within its collection at its discretion. The reasons for refusal should be transparent and may include excessive cost and unacceptable risk to items such as type and figured specimens, extinct (recent) species, specimens of high historical significance, and delicate or hazardous materials etc.
2. There will be no charge for research loans e.g. packing materials, postage, and staff for the signatories.
 - Charges may be made for repairs to or replacement of damaged specimens, for specialist packing, treatment or for any unusual or exceptional means of carrying.
3. The institution in which the loan (or material associated with the loan e.g. documentation) is to be housed and used must in all respects be safe, secure and conform to the recommendations and requirements of the lending institution.
4. Material sent on loan will only be used for research, not for commercial purposes without prior agreement.
5. The borrowing institution accepts that title to and ownership of the loaned items remains with the lending institution at all times.

Morphological collections

Material available for loan

- Only an agreed proportion of the institution's holdings of a collection unit, e.g. species or samples from one locality, will normally be sent on loan at any one time.

Loan requests

- Material will be sent to (non-profit) institutions with natural history collections and staff responsible for collections management (including universities, if they can comply with the conditions within this document). In exceptional circumstances loans will be made to individuals at private addresses, but then only under stringent additional terms and conditions as defined by the lending institution.
- Only approved borrowers⁴ can borrow specimens.
- Responsibility for the borrowed specimens rests with the institution in which they are kept or in exceptional cases with individuals at private addresses (see above).
- Requests for loans should state the names of the researchers on whose behalf they are made by the borrower, together with the scope of the work contemplated, and intention of publication.
- It is expected that all signatories will work towards the following standards for management of loans within an agreed time frame:
 - Loan requests are preferably submitted to a central institutional or departmental web address or as an interim to (a) designated person(s) as the lending institution defines.

⁴ Approved borrowers must be bona fide researchers; in case of postgraduate students, postdoctoral researchers, emeritus and retired staff, honorary or adjunct staff etc request must be made through their supervisor, mentor, or responsible staff in charge, preferably a single person of position such as the head of collection management.

- As much information as possible should be given when requesting items for loan e.g. registration numbers and synonymy.
- Details of all incoming loans must be recorded electronically to enable tracking all material entering as loans centrally or at least at department level through a single contact point.
- Forwarding of loans to third parties is not allowed without prior written approval of the lending institution⁵.

The loan term and loan extensions

- Normally, the maximum initial period for research loans is 12 months. If approved for extension, the renewal period will be for 6 to 12 months with the possibility to extend twice; the maximum loan duration is therefore 3 years.
- In some circumstances research loans will be approved for an initial period of up to 3 years, e.g. for comprehensive revisions or PhD studies, when sufficient explanation for such a duration is given. Such loans can be extended for another 2 years up to a maximum loan duration of 5 years.
- When applying for an extension, the reason behind this extension has to be made clear in the application, including a scientific progress report on the work conducted so far and the work that still has to be done.
- Application for extension must be submitted well in advance, at least a month before the end of the current loan agreement.

Photos and copyrights

- Taking and publishing photos of material on loan is only allowed after written approval⁶ by the lending institution.
- Reference to photos of specimens on loan must be forwarded to the lending institution and linked to the objects, e.g. in separate letter or in a collection database according to guidelines provided by lending institution.
- Photos will become available to the owning institution.

Restrictions

- No changes to original labels are allowed.
- No changes to specimens or any other material are allowed without permission (including pedestals/armatures, sheets, etc. to which the specimen is fixed).
- DNA or tissue sampling from specimens on loan is only allowed after approval by the lending institution. If approved, the principles for molecular collections apply (see below).
- Annotations by the borrower should not be permanently attached but provided otherwise, preferably electronically or by determination slips, labels or other hard copy means.
- If an object is damaged, the owner must be informed immediately, no repairs are allowed without consultation with the owning institution.

⁵ The approved borrower undertakes to ensure that the loaned items shall only be kept at their host institution unless specific permission has been granted by the appropriate department to allow the item to be moved to another locality.

⁶ Approval to the borrower to make photographs is not same as transfer of copyright. Copyright must therefore be part of loan agreement. The photographer (if it is the borrower) has to be mentioned in case of publication of illustrations.

Non-DNA destructive sampling e.g. dissections of insect genitalia, flowers, geological samples, etc

- Non-DNA destructive sampling by the borrower is only allowed after approval by the lending institution.
- Unused fragments of specimens etc. are the property of the owner and must be returned in an appropriate capsule etc and clearly labelled.
- If destructive sampling leads to other products (such as slides or geological objects) and the borrower is allowed to keep products, the institute of origin has the right to ask for duplicates.
- When there are multiple requests from different borrowers for destructive sampling of the same material only one application may be approved, but all applicants will be informed and encouraged to collaborate.

Acknowledgements and feedback

- Annotations or data of collection material made digitally available by the borrower should become available to the lending institution.
- The lending institution must be acknowledged using the official name in publications arising from research on their material.
- Reference to specimens in publications should where possible be through their unique identifiers such as registration numbers, collectors numbers etc
- Publications arising from research on borrowed material are to be sent to the lending institution (preferably as pdf).

Housing, security, environmental conditions, packaging & transport

- Loans will only be sent to institutions who have specified the way the borrowed specimens will be disinfested upon receipt. This report is needed only once and will be applicable to all future loans unless changes to disinfection are made. The protocol must be acceptable to the lending institution.
- Preferably, loans are to be returned in the original packing.
- In exceptional circumstances e.g. fragile specimens, the institutes involved must agree beforehand on the means of transport, but it is the owner who decides. The lending institution can request to return the loan by an official carrier company, by registered mail or e.g. personal transport.
- Confirmation that the loan has been received and in good order has to be sent upon receipt. The borrower also has to inform the lending institution when the loan is to be sent back.

Failure to comply with the terms & conditions imposed

- In the case of failure to comply, the loaning institution shall contact (in writing) the borrower and the borrowing institution and request that the situation is rectified immediately.
- Following the above, if the approved borrower still fails to comply with this written request, the lending institution shall be entitled to terminate the loan and recover the loaned items immediately.
- If the lending institution is forced to terminate (temporarily) the loan it may apply sanctions to future interactions with both the borrower and the borrowing institution.

Molecular collections

Molecular collections (see appendix for definition) form a discrete group of collections not only in the technical expertise required to set them up, manage and develop them but also in their housing. Specific statements are included below that apply to these collections.

Loan requests

It is expected that all signatories will work towards the establishment of a coordinating mechanism for molecular loans, e.g. a 'Specialist Molecular Curator' or 'Molecular Advisory Panel' to:

- advise and confirm feasibility of success for the destructive sampling loan request for molecular work (as supported by evidence of past successes for the molecular processes intended on application form);
- assess specimen/sample status to minimize damage, over-use of sample and impartially prioritize loans in the case of multiple identical requests, especially from type, extinct or rare specimens, informing and inviting collaboration between all researchers involved;
- review exceptional circumstances e.g. a request which will reduce the original sample to nothing remaining;
- suggest the use of the on-site facilities of the institution of origin (molecular laboratories and sequencing facilities) for either visitors or their own staff to perform the destructive molecular sampling if the specimen or sample is too precious, fragile, sensitive (rare/endangered, CITES etc) to send away.

Obligations of the applicant for molecular loans

- All remaining samples from the original loan material for destructive sampling must be returned: DNA/RNA/protein/metabolite/lipid etc extractions, and if requested PCR products, sequencing reactions, and direct copies of sample data including sequence data. If it is not possible to return these items the applicant must inform the lending institution.
- A storage compatibility check guarantee in writing is required for any molecular collections to ensure that appropriate matching storage conditions are used in the borrowing institution.

Acknowledgements and feedback for molecular collections and products

- The applicant must notify the relevant department of publications arising from the destructive sampling of the specimens or samples and will be asked to provide copies including acknowledgement of institution of origin in all subsequent publications, GenBank numbers etc.
- In the case of DNA studies the institute of origin must be informed of any data sent to GenBank e.g. object accession number.
- Any data sent to GenBank should be linked to the original specimen and accession or similar unique identifier.
- Reporting the results to the owner is compulsory, including negative (no) results.

Intellectual property rights/property rights for molecular collections

- The Intellectual Property Rights (IPR) of original genomic DNA, RNA, protein extractions, progeny and non-modified derivatives lies with the institute of origin; hence forwarding any part of these to third parties will require prior permission from the lending institution and mutually agreed terms, as defined by a material transfer agreement (MTA).

- If samples are sent to the applicant, the institution's research loan policy and any associated loan terms and conditions apply. The applicant will sign and return a receipt to acknowledge the arrival of the material and agree to the terms and conditions.

Warranties for molecular loans

- The lending institute is not liable for failures in any molecular analysis (DNA extraction, PCR product, sequencing reaction, etc).
- The lending institute makes no warranties as to the safety of the material; the material is experimental in nature and must not be treated as if it is free from contamination. The recipient assumes full responsibility for complying with the recipient nation's quarantine and bio-safety regulations and rules as to import or release of genetic material. However, loan shipments from the lending institute containing known contaminants and/or biohazards will be accompanied by paper declarations and supporting best practice documents for molecular work in the light of these contaminants.

Berlin, Leiden, London, Paris

07 June 2010

Appendix: Molecular collections

Definition

Molecular collections/samples are intended specifically for molecular research

This includes:

Samples/Specimens

- deep-frozen specimens or tissues in liquid nitrogen (-196°C)
- frozen tissues in freezers (-80°C)
- alcohol-preserved specimens specifically collected for molecular work or tissues (-20, +4, +16°C)
- silica-dried material (RT)
- lyophilised/freeze-dried material (RT)
- samples on FTA cards (RT)
- viable cell lines cultured from fresh tissues (cryo banks).

Products

- extracted genomic/mitochondrial/chloroplast DNA in water or buffers (-20°C)
- extracted RNA (-80 °C)
- genomic / expression (cDNA) phage / BAC libraries in bacterial culture (-80°C)
- expression (cDNA) and genomic libraries on FTA cards (RT)
- DNA Sequencing reactions
- PCR products
- protein and amino acids
- Mixed Environmental Genomic DNA / RNA / protein and amino acid survey samples
- historical contaminant sample series
- lipid and metabolite sample series.
- returned material from all destructive sampling loans.
- unforeseen future analyses

APÉNDICE X. Tareas de seguimiento del servicio de seguridad para depósitos de congeladores.



MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



TAREAS DE SEGUIMIENTO DEL SERVICIO DE SEGURIDAD

DURANTE EL HORARIO LABORAL

En caso de disparo de alguna alarma o anomalía de los aparato (aumento de temperatura), se deberá comprobar en los estadillos que están sobre las puertas si dicha incidencia es debida a que ha estado abierto en exceso, por trabajo o por otras causas como limpieza.

Cuando se desconozca la causa se avisará a los responsables pertinentes que se podrán localizar en los estadillos localizados sobre las puertas

De no encontrar a nadie se actuará siguiendo el protocolo de actuación para las emergencias, que está en poder del Servicio de Seguridad del Museo.

EN HORARIO NO LABORAL

1.- Mantener cerradas las puertas de las salas de congeladores 1 y 2, para no perder la climatización de las mismas. (Excepto en casos en que por rotura de los equipos de climatización se tenga que forzar la ventilación)

2.- Mantener la luz de dichas salas apagada, también para conservar la climatización.

3.- Mantener las puertas de la sala 2 (Colección de Tejidos y ADN), de la cámara de -20º y de la caseta criobiológica cerradas con llave.

4.- Revisar y anotar las temperaturas de los congeladores 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 13 y 15 (de la sala 1) y 1, 2, 4, 5 (de la sala 2) durante las rondas de las 22:00 h y 6:00 h en los días laborables. Durante los fines de semana y días de fiesta, en las rondas de las 10:00h, 18:00h, 22:00 h y 6:00 h. Además comprobar que el resto de los congeladores y frigoríficos en dichas salas están funcionando.

5.- Notificar por escrito a los responsables de los congeladores dichas temperaturas y cualquier otra anomalía detectada.

6.- Si se crea una emergencia con los congeladores, fuera del horario laboral, se seguirá el *protocolo de emergencia*, entregado a tal efecto.

C/ JOSÉ GUTIÉRREZ ARASCAL, 2
28006 MADRID
ESPAÑA
TEL.: 34 91 411 13 28 Ext.: 1242
FAX: 34 91 564 50 78

APÉNDICE XI. Protocolo de actuación en caso de emergencia en los congeladores.



PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE EMERGENCIA CON LOS CONGELADORES Y REFRIGERADORES EN HORARIO NO LABORAL

El objeto de esta comunicación es establecer, de un modo claro para el servicio de seguridad del MNCN, el método a seguir, en caso de emergencia con congeladores en horario no laboral.

ÍNDICE:

1. Responsables en caso de emergencia	1
2. Descripción de congeladores y salas	1
3. Detección de emergencias	2

1. Responsables en caso de emergencia.
Cuando el servicio de seguridad detecte la existencia de una emergencia que requiera la presencia de un responsable del MNCN para su subsanación deberá contactarse con la persona a la que le corresponda de la Tabla 1. En los turnos de vacaciones o en ausencia de los responsables se designarán sustitutos y se comunicará al jefe del servicio de seguridad.

Tabla 1: Responsables de congeladores

Nombre	Sala	Congelador	Extensión telefónica	Teléfono
Responsable Colección de Tejidos y ADN	2	Todos		
XXX XXX	1	8, 9, 11, 12, 13		
XXX XXX	1	4, 5		
Responsable del Servicio de Mantenimiento				

2. Descripción de congeladores y salas

SALA 1		
NÚMERO	DESCRIPCIÓN	ASIGNACIÓN
1	Congelador -80º	Laboratorio de Sistemática Molecular
2	Congelador -80º	Laboratorio del Dr.
3	Congelador -80º	Laboratorio del Dr.
4	Congelador -80	Laboratorio del Dr.
5	Congelador -80	Laboratorio del Dr.
8-	Congelador -80º	Parte superior Laboratorio del Dr.
		Parte inferior Laboratorio del Dr.
9-	Congelador -80º	Parte superior Laboratorio del Dr.
		Parte inferior Laboratorio del Dr.
11	Congelador -80º	Laboratorio de Sistemática Molecular
12	Congelador -80	Laboratorio de Sistemática Molecular
13	Congelador -40º	Laboratorio de Sistemática Molecular
15	Congelador -80º	SEGURIDAD (en caso de averías)
20	Congelador de -20º	Departamento de Biodiversidad
21	Congelador de -20º	Departamento de Biodiversidad

SALA 2		
NÚMERO	DESCRIPCIÓN	ASIGNACIÓN
1	Congelador -80º	Colección de tejidos y ADN
2	Congelador -80º	Colección de tejidos y ADN
3	Congelador de -20º	Colección de tejidos y ADN
4	Congelador -80º	Colección de tejidos y ADN
5	Congelador -80º	Colección de tejidos y ADN
6	Frigorífico de 5º	Colección de tejidos y ADN
7	Congelador de -20º	Colección de tejidos y ADN





3. Detección de emergencias

Congeladores de -80º

SALA 1	1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 13, 15
SALA 2	1, 2, 4, 5

La temperatura de **funcionamiento normal** de estos equipos oscila en un rango que va desde **-85º hasta -70º**.

Cuando se detecte un funcionamiento anormal de los congeladores se actuará del modo siguiente: Desde **-70º hasta -40º**. Cuando algún congelador se sitúe en esa banda de temperaturas, el responsable de vigilancia verificará cada 2 horas la evolución de la temperatura hasta que se aprecie con claridad si la temperatura desciende, asciende, o se mantiene estable, anotando temperaturas y velocidad de evolución.

Por encima de **-39º** se dará aviso telefónico inmediato al responsable indicando la temperatura a la que se encuentra el congelador y la evolución observada en el mismo. El responsable dará las instrucciones que considere necesarias al vigilante de seguridad.

En caso de extrema urgencia y si el responsable está ilocalizable se procederá a evacuar las muestras al **congelador nº 15 para emergencias**. El cambio de muestras debe efectuarse de forma ordenada y con la utilización de guantes especiales para evitar quemaduras provocadas por el frío (según la información facilitada en los cursos de formación).

Se notificarán las incidencias en el parte de incidencias

Congelador de -40º

SALA 1	13
--------	----

La temperatura de **funcionamiento normal** de este equipo oscila en un rango que va desde **-40º a -30º**. Desde **-15º hasta -5º**. Cuando este congelador se sitúe en esa banda de temperaturas, el responsable de vigilancia verificará cada 2 horas la evolución de la temperatura hasta que se aprecie con claridad si la temperatura desciende, asciende, o se mantiene estable, anotando temperaturas y velocidad de evolución.

Por encima de **-15** se dará aviso telefónico inmediato al responsable indicando la temperatura a la que se encuentra el congelador y la evolución observada en el mismo. El responsable dará las instrucciones que considere necesarias al vigilante de seguridad.

En caso de extrema urgencia y si el responsable está ilocalizable se procederá a evacuar las muestras al **congelador nº 15 para emergencias**. El cambio de muestras debe efectuarse de forma ordenada y con la utilización de guantes especiales para evitar quemaduras provocadas por el frío (según la información facilitada en los cursos de formación).

Se notificarán las incidencias en el parte de incidencias

Congelador de -20º

SALA 2	7
--------	---

La temperatura de **funcionamiento normal** de estos equipos oscila en un rango que va desde **-20º hasta -18º**.

Cuando se detecte un funcionamiento anormal del congelador se actuará del modo siguiente:

Desde **-17º hasta -15º**. Cuando el congelador se sitúe en esa banda de temperaturas, el responsable de vigilancia verificará cada 2 horas la evolución de la temperatura hasta que se aprecie con claridad si la temperatura descende, asciende, o se mantiene estable, anotando temperaturas y velocidad de evolución.

Por encima de **-15º** se dará aviso telefónico inmediato al responsable indicando la temperatura a la que se encuentra el congelador y la evolución observada en el mismo. El responsable dará las instrucciones que considere necesarias al vigilante de seguridad.

En caso de extrema urgencia y si el responsable está ilocalizable se procederá a evacuar las muestras al **congelador nº 15 para emergencias**. El cambio de muestras debe efectuarse de forma ordenada y con la utilización de guantes especiales para evitar quemaduras provocadas por el frío (según la información facilitada en los cursos de formación).

Se notificarán las incidencias en el parte de incidencias

Arcones congeladores (no están conectados al panel de alarmas de centralita)

SALA 1	20, 21
SALA 2	3

La temperatura de **funcionamiento normal** de estos equipos oscila en un rango que va desde **-20º hasta -5º**.

Quando se detecte un fallo de funcionamiento **o cuando se detecte que el congelador se ha apagado**:

Se dará aviso telefónico inmediato al responsable indicando el tiempo que hace que se apagó o que se detectó el fallo. El responsable dará las instrucciones que considere necesarias al vigilante de seguridad.

Se notificarán las incidencias en el parte de incidencias

Frigorífico de 5º (no está conectado al panel de alarmas de centralita)

SALA 2	6
--------	---

La temperatura de **funcionamiento normal** de este equipo oscila en un rango que va **desde 5º a 8º**.

Si se detectan diferencias de temperatura sobre las indicadas arriba, el responsable de vigilancia verificará cada 2 horas la evolución de la temperatura hasta que se aprecie con claridad si la temperatura descende, asciende o se mantiene estable, anotando temperaturas y velocidad de evolución. Si se detectan anomalías se desconectará el equipo de la red y se notificará el fallo en el parte de incidencias.

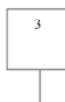
Corte de suministro eléctrico externo al Museo

Quando falla el suministro eléctrico entra en funcionamiento el servicio autónomo de energía pero los aparatos de aire acondicionado (sistema de climatización) dejan de funcionar.

Comunicar al responsable el momento de corte de energía y el período que ha durado.

Una vez que retorna el suministro **es preciso** encender manualmente los sistemas de climatización de las salas, verificar y anotar todas las temperaturas y hacer un seguimiento para ver si todo funciona correctamente durante las siguientes horas. Se notificará el fallo en el parte de incidencias.

Corte de suministro eléctrico de salas por avería interna





Cuando falla el suministro eléctrico por avería interna **NO** entra en funcionamiento el servicio autónomo de energía con lo cual se apagan tanto los aparatos de aire acondicionado como los congeladores. Comunicar inmediatamente al servicio de mantenimiento o seguir las instrucciones dadas por dicho servicio.

Comunicar al responsable el momento de corte de energía y el periodo que ha durado.

Una vez que retorna el suministro, armar manualmente los sistemas de climatización de las salas, verificar y anotar todas las temperaturas y hacer un seguimiento las siguientes horas. Se notificará el fallo en el parte de incidencias.

Fallos en los sistemas climatización de las salas de congeladores

Cuando los sistemas de aire acondicionado de las salas de congeladores 1 y 2 tengan alguna anomalía se notificará a los responsables de congeladores y al servicio de mantenimiento. Si son puntuales se indicará el momento de corte de energía y el periodo que ha durado. Se notificará el fallo en el parte de incidencias.

APÉNDICE XII. Protocolo de conservación y mantenimiento de congeladores.



MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN

CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

mncn
MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS CONGELADORES DE -80

En cada depósito los congeladores están numerados desde el 1 en adelante, este número (localizado sobre la puerta) corresponde con el número de alarma remota del cuadro de alarmas de centralita.

Los arcones congeladores de -20°C y los frigoríficos de estas salas **NO** están conectados a las alarmas remotas, sus sistemas de seguridad sólo son luminosos.

Los congeladores y frigoríficos tienen visible sobre la puerta el grupo de trabajo o la persona(s) responsable(s) a quien está asignado teléfono y la extensión.

Cuando la apertura de un congelador sea prolongada y ocasione subida de temperatura se deberá anotar en los estadillos localizados sobre sus puertas. De esta manera el personal a cargo de la seguridad de los mismos podrá discernir si la temperatura ha subido por rotura o por trabajo y actuar en consecuencia.

MANTENIMIENTO

1.- Climatización

Mantener cerradas las puertas de las salas de congeladores 1 y 2, para no perder la climatización de las mismas.

2.- Descongelación de limpieza

Se recomienda descongelar los aparatos al menos 1 vez al año.

Para evacuar las muestras se podrá utilizar el congelador de seguridad (Sala 1 congelador 15) informando al responsable de seguridad.

Las operaciones de descongelación deberían, siempre que sea posible, realizarse en el menor tiempo posible.

Una vez descongelado y limpio el aparato se volverá a poner en marcha y durante la noche siguiente se deberá hacer un seguimiento de la temperatura para comprobar que alcanza sus parámetros habituales, antes de proceder a rellenarlo.

Se evitará descongelar los viernes, vísperas de fiesta y los meses de verano

El día de descongelación se indicará en las hojas sobre las puertas de los aparatos.

3.- Limpieza periódica de filtros y motores

Se recomienda realizar una limpieza de filtros semestralmente. Esta tarea la realizará cada responsable de aparato o cualquier otra persona designada para ello.

4.- Previsión de emergencias

El seguimiento de la evolución de las temperaturas de los congeladores puede hacer sospechar que van a fallar y se puede avisar al servicio técnico de forma preventiva. Además, puede ayudar a decidir hacer una evacuación preventiva de muestras al congelador de seguridad de forma programada en horario laboral. Por ello es interesante avisar de anomalías en la temperatura.

Durante el periodo de garantía cada congelador de -80 °C tiene un servicio técnico especializado que depende de la casa comercial que suministró el aparato, en algunos casos sólo ellos tienen piezas de repuesto originales y los gases correspondientes a cada equipo. Por ello se recomienda utilizar los servicios técnicos oficiales hasta que finalice esta.

5.- Revisiones periódicas de los sistemas de seguridad



Se efectuarán revisiones periódicas de la eficacia de las alarmas de cada congelador de -80 °C. Esta tarea la realizará cada responsable de aparato o cualquier otra persona designada para ello.

RECOMENDACIONES GENERALES DE USO

La temperatura de -80°C puede provocar quemaduras sobre la piel por lo cual se deben manipular los contenedores metálicos (rack) y cajas con guantes de protección y nunca se deben tocar las superficies internas con la manos mojadas o sin guantes.

En los congelador de -80 °C no se deberían almacenar cajas de corcho blanco, neveras de viaje o cajas de hielo o hielo seco (excepto situaciones puntuales de unas pocas horas) puesto que ocupan un espacio que puede ser fundamental cuando hay averías de otros congeladores y se necesitan lugares de evacuación. Hay que recordar que aunque exista un congelador vacío para posibles emergencias el volumen de muestras de algunos congeladores excede el de aquél o incluso pueden averiarse varios a la vez.

Sería conveniente ahorrar al máximo el espacio dentro de los congelador de -80 °C, puesto que este tipo de almacenamiento es caro y escaso, puesto que no hay espacio suficiente en el Museo para instalar nuevos equipos. Este tipo de depósito debería reservarse para conservación de larga duración. No son congeladores de trabajo diario, para lo cual se deberían usar modelos de -20°C, mucho más baratos de mantener, reparar y sustituir. Además, los cambios continuos y bruscos de temperatura deterioran la calidad del ADN.

Un mejor reparto del espacio se consigue gracias al orden de los tubos o de las muestras en cajas y éstas en rack o cajones archivadores. Las cajas con capacidad para 81 o 100 tubos deberían ser utilizadas al máximo. Los contenedores y las muestras deben estar rotulados para evitar pérdida de información en caso de evacuación de emergencia.

Con el uso de estas normas se obtienen tres beneficios:

- Se localiza una muestra concreta de forma más sencilla reduciéndose, de forma drástica, el tiempo de apertura evitando el sobreesfuerzo de los compresores y la acumulación de hielo sobre las superficies internas.
- Se reduce el tiempo de evacuación de un congelador a otro en caso de rotura.
- Se gana espacio para un mayor número de muestras y de usuarios.

SISTEMAS DE SEGURIDAD ULTRACONGELADORES

Sistema de electricidad autónomo externo

Sólo entra en funcionamiento cuando el corte de suministro eléctrico es externo; durante roturas o fallos internos no funciona

Sistema luminoso y sonoro en cada congelador

Mantenidos por una pila autónoma

Sistema de alarmas remotas conectadas al panel luminoso y sonoro en la centralita del Museo

Sistema de back-up de CO₂

Congelador de -80°

Permanecerá vacío para casos de avería o descongelación de limpieza.

APÉNDICE XIII. Modelos de permisos CITES.

Permiso de exportación, importación o certificado de reexportación.

UNIÓN EUROPEA							
ORIGINAL	1. Exportador/reexportador	PERMISO/CERTIFICADO <input type="checkbox"/> IMPORTACIÓN <input type="checkbox"/> EXPORTACIÓN <input type="checkbox"/> REEXPORTACIÓN <input type="checkbox"/> OTRO/OTRA:	Nº				
	3. Importador	 Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres	2. Válido hasta:				
	6. Dirección autorizada de conservación de especímenes vivos de especies del anexo A	4. País de exportación o reexportación 5. País de importación					
	7. Autoridad emisora	MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD Dirección General de Comercio e Inversiones Subdirección General de Inspección, Certificación y Asistencia Técnica del Comercio Exterior ESPAÑA					
1	8. Descripción de los especímenes (incluyendo marcado, sexo/fecha de nacimiento de los animales vivos)	9. Masa neta (Kg) 10. Cantidad 11. Apéndice CITES 12. Anexo UE 13. Origen 14. Finalidad 15. País de origen 16. Nº del permiso 17. Fecha de emisión 18. País de última reexportación 19. Nº del certificado 20. Fecha de emisión					
	21. Nombre científico de la especie						
	22. Nombre común de la especie						
	23. Condiciones especiales	El presente permiso/certificado es válido únicamente si los animales vivos se trasladan conforme a las directrices CITES para el transporte y la preparación para el transporte de animales silvestres vivos y, si se trasladan por vía aérea, a la Reglamentación sobre animales vivos publicada por la Asociación del Transporte Aéreo Internacional (IATA)					
	24. La documentación de exportación o reexportación del país de exportación o reexportación <input type="checkbox"/> ha sido presentada a la autoridad emisora <input type="checkbox"/> debe presentarse a la aduana de entrada <div style="border: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>	25. Se autoriza la <input type="checkbox"/> importación <input type="checkbox"/> exportación <input type="checkbox"/> reexportación de las mercancías descritas Firma y sello oficial: Nombre del funcionario responsable de la emisión: Lugar y fecha de emisión:					
	26. Conocimiento de embarque/documento de transporte aéreo:						
	27. Reservado para la aduana	Firma y sello oficial: Documento aduanero Tipo: Número: Fecha:					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad/masa neta (Kg) importada o reexportada realmente</th> <th>Nº de animales que llegaron muertos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Cantidad/masa neta (Kg) importada o reexportada realmente	Nº de animales que llegaron muertos				
Cantidad/masa neta (Kg) importada o reexportada realmente	Nº de animales que llegaron muertos						

UNIÓN EUROPEA			
ORIGINAL	1	1. Titular	<div>CERTIFICADO</div> <div>Carece de validez fuera de la Unión Europea</div> <div>Nº</div> <div> <input type="checkbox"/> Certificado de adquisición legal <input type="checkbox"/> Certificado para actividades comerciales <input type="checkbox"/> Certificado para el traslado de especímenes vivos </div>
		2. Dirección autorizada de conservación de especímenes vivos de especies del anexo A	<div>Reglamento (CE) nº 338/97 del Consejo y Reglamento (CE) nº 865/2006 de la Comisión, relativos a la protección de especies de la fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio</div> <div>3. Autoridad emisora</div> <div>MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD</div> <div>Dirección General de Comercio e Inversiones</div> <div>Subdirección General de Inspección, Certificación y Asistencia Técnica del Comercio Exterior</div> <div>ESPAÑA</div>
		4. Descripción de los especímenes (incluyendo marcado, sexo/fecha de nacimiento de los animales vivos)	<div>5. Masa neta (kg)</div> <div>6. Cantidad</div> <div>7. Apéndice CITES</div> <div>8. Anexo UE</div> <div>9. Origen</div> <div>10. País de origen</div> <div>11. Nº del permiso</div> <div>12. Fecha de emisión</div>
	1	16. Nombre científico de la especie	13. Estado miembro de importación
		17. Nombre común de la especie (si existe)	14. Nº del documento
	18. Por el presente se certifica que los especímenes indicados: a) <input type="checkbox"/> se han tomado de la naturaleza de conformidad con la legislación vigente en el Estado miembro emisor b) <input type="checkbox"/> han sido abandonados o se han escapado y han sido recuperados de conformidad con la legislación vigente en el Estado miembro emisor c) <input type="checkbox"/> han nacido y se han criado en cautividad o se han reproducido artificialmente d) <input type="checkbox"/> se han adquirido o introducido en la Unión de conformidad con el Reglamento (CE) nº 338/97 del Consejo e) <input type="checkbox"/> se han adquirido o introducido en la Unión antes del 1 de junio de 1997 de conformidad con el Reglamento (CEE) nº 3626/82 del Consejo f) <input type="checkbox"/> se han adquirido o introducido en la Unión antes del 1 de enero de 1984 de conformidad con la Convención CITES g) <input type="checkbox"/> se han adquirido o introducido en el Estado miembro emisor antes de que fueran aplicables en su territorio los Reglamentos (CE) nº 338/97 o (CEE) nº 3626/82 o la Convención CITES		
	19. El presente documento se emite para: a) <input type="checkbox"/> confirmar que un espécimen que va a exportarse o reexportarse ha sido adquirido de conformidad con la legislación vigente relativa a la protección de la especie a que pertenece b) <input type="checkbox"/> eximir a especímenes del anexo A destinados a la venta de las prohibiciones relativas a las actividades comerciales enumeradas en el artículo 8, apartado 1, del Reglamento (CE) nº 338/97 c) <input type="checkbox"/> eximir a especímenes del anexo A destinados a la exposición al público sin venta de las prohibiciones relativas a las actividades comerciales enumeradas en el artículo 8, apartado 1, del Reglamento (CE) nº 338/97 d) <input type="checkbox"/> destinar los especímenes para el progreso de la ciencia/para fines de cría o reproducción/para fines educativos o de investigación o para otras finalidades no perjudiciales e) <input type="checkbox"/> autorizar el traslado dentro de la Unión de un espécimen vivo del anexo A desde la dirección indicada en el permiso de importación o en cualquier certificado		
	Certificado válido únicamente para el titular indicado en la casilla 1 <div> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> </div>		
	20. Condiciones especiales		
	<div>Nombre del funcionario responsable de la emisión</div> <div>Lugar y fecha</div> <div>Firma y sello</div>		

Notificación de importación.

UNIÓN EUROPEA		NOTIFICACIÓN DE IMPORTACIÓN		Nº
ORIGINAL	1	1. Importador	Reglamento (CE) nº 338/97 del Consejo y Reglamento (CE) nº 865/2006 de la Comisión, relativos a la protección de especies de la fauna y flora silvestres mediante el control de su comercio	
	2. Estado miembro de importación	3. Fecha de importación		
	ESPAÑA			
	4. País de origen	5. País de exportación o reexportación		
	6. Descripción de los especímenes (incluidos el código de origen y el nº del documento de exportación o reexportación de las especies del apéndice III de la Convención CITES)	7. Masa neta (kg)	8. Cantidad	
	A	9. Nombre científico de la especie	10. Apéndice CITES	
		11. Nombre común de la especie	12. Anexo UE	
		6. Descripción de los especímenes (incluidos el código de origen y el nº del documento de exportación o reexportación de las especies del apéndice III de la Convención CITES)	7. Masa neta (kg)	8. Cantidad
	B	9. Nombre científico de la especie	10. Apéndice CITES	
		11. Nombre común de la especie	12. Anexo UE	
6. Descripción de los especímenes (incluidos el código de origen y el nº del documento de exportación o reexportación de las especies del apéndice III de la Convención CITES)		7. Masa neta (kg)	8. Cantidad	
C	9. Nombre científico de la especie	10. Apéndice CITES		
	11. Nombre común de la especie	12. Anexo UE		
	6. Descripción de los especímenes (incluidos el código de origen y el nº del documento de exportación o reexportación de las especies del apéndice III de la Convención CITES)	7. Masa neta (kg)	8. Cantidad	
D	9. Nombre científico de la especie	10. Apéndice CITES		
	11. Nombre común de la especie	12. Anexo UE		
	6. Descripción de los especímenes (incluidos el código de origen y el nº del documento de exportación o reexportación de las especies del apéndice III de la Convención CITES)	7. Masa neta (kg)	8. Cantidad	
E	9. Nombre científico de la especie	10. Apéndice CITES		
	11. Nombre común de la especie	12. Anexo UE		
	6. Descripción de los especímenes (incluidos el código de origen y el nº del documento de exportación o reexportación de las especies del apéndice III de la Convención CITES)	7. Masa neta (kg)	8. Cantidad	
F	9. Nombre científico de la especie	10. Apéndice CITES		
	11. Nombre común de la especie	12. Anexo UE		
	13. Adjunto la documentación necesaria del país de exportación o de reexportación de los especímenes mencionados de especies que figuran en el apéndice III de la Convención CITES	14. Sello oficial de la aduana:		
Firma del importador o de su representante autorizado				

Etiqueta de instituciones científicas reconocidas por la AA.



**CONVENIO SOBRE EL COMERCIO
INTERNACIONAL DE ESPECIES
AMENAZADAS DE FAUNA
Y FLORA SILVESTRES**

APARTADO 6 DEL ARTÍCULO VII

MATERIAL CIENTÍFICO

1. Contenido:

2. Remitente (nombre y dirección completos):

3. Número de registro:

4. Destinatario (nombre y dirección completos):

5. Número de registro:

Etiqueta n°:

Esta parte debe remitirse al órgano de gestión inmediatamente después de su utilización

Número de registro del remitente:

Número de registro del destinatario:

Contenido:

